



## Doğu Karadeniz Havzası Akarsuları Fiziko-Kimyasal Su Kalitesinin Değerlendirilmesi ve Dağılımının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanılarak Belirlenmesi

Bülent VEREP<sup>1\*</sup>

Serkan SERDAR<sup>1</sup>

Ali Erdem ÖZÇELİK<sup>2</sup>

Turan YÜKSEK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>RTEÜ Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, Rize

<sup>2</sup>RTEÜ Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Rize

Geliş/Received: 10.11.2020

Kabul/Accepted: 20.12.2020

Atf yapmak için: Verep, B., Serdar, S., Özçelik, A.E. & Yüksek, T. (2020). Doğu Karadeniz Havzası Akarsuları Fiziko-Kimyasal Su Kalitesinin Değerlendirilmesi ve Dağılımının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanılarak Belirlenmesi. *Anadolu Çev. ve Hayv. Dergisi*, 5(4), 725-742.

How to cite: Verep, B., Serdar, S., Özçelik, A.E. & Yüksek, T. (2020). Assessment of Physico-Chemical Water Quality of Eastern Black Sea Basin Streams and Determination of Distribution Using Geographical Information Systems (GIS). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 5(4), 725-742.

\* : <https://orcid.org/0000-0003-4238-8325>  
 : <https://orcid.org/0000-0001-5877-1738>  
 : <https://orcid.org/0000-0003-2964-1760>

**\*Sorumlu yazarın:**

Bülent VEREP  
RTEÜ Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, Rize, Türkiye.  
 : [bulent.verep@erdogan.edu.tr](mailto:bulent.verep@erdogan.edu.tr)  
Cep telefonu : +90 (533) 453 68 42  
Telefon : +90 (464) 223 33 85  
Faks : +90 (464) 223 41 18

**Öz:** Bu çalışmada, Karadeniz’i besleyen önemli su kaynaklarından olan Doğu Karadeniz Havzası yüzey sularının sucul yaşam ve sulama açısından kalitesinin ve dağılımının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu değerlendirme jeostatistik yöntemler kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) destekli olarak gerçekleştirilen analizlere göre yapılmıştır. Çalışmada Doğu Karadeniz havzasındaki 11 farklı akarsuyun yüzey sularına ait 17 fiziko-kimyasal su kalitesi parametresine ait mevsimlik sonuçlar kullanılmıştır. Verilerin dağılışı ve haritalandırılması, ArcGIS 10.5 paket programı destekli olarak CBS ortamında ve jeostatistiksel yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Araştırma sonuçlarına göre havza akarsularının yüzey su kalitesi açısından genel karakteristikleri ılıman, hafif alkali, düşük mineralli, yağışlı dönemlerde bulanık diğer dönemlerde ise düşük bulanıklığa sahip, havzanın doğu bölgelerindeki akarsular yumuşak su karakteri gösteriyorken batı kesimlerdeki akarsular orta sert, çok düşük düzeyde organik madde ihtiva eden, düşük sülfatlı, amonyum ve nitrat açısından yüksek kaliteli, nitrit açısından ise az kirlenmiş, düşük fosfat ve silikatlı bir su karakteri arz etmektedir. Bu çalışma, diğer sahalar için yapılacak benzer çalışmalarda CBS tekniklerinin rahatlıkla kullanılabilceğini göstermiştir.

**Anahtar kelimeler:** Coğrafi bilgi sistemleri (CBS), Doğu Karadeniz havzası, su kalitesi, yüzey suları.

## Assessment of Physico-Chemical Water Quality of Eastern Black Sea Basin Streams and Determination of Distribution Using Geographical Information Systems (GIS)

**Abstract:** In this study, it was aimed to evaluate the quality and distribution of the surface waters of the Eastern Black Sea Basin, which is one of the important water resources feeding the Black Sea, in terms of aquatic life and irrigation. This evaluation was made according to the analysis carried out with the support of Geographical Information Systems (GIS) by using the Geostatistic method. Seasonally results of 17 physico-chemical water quality parameters belonging to the surface waters of 11 different rivers of Eastern Black Sea Watershed were used in the study.

The distribution and mapping of the data was carried out by using geostatistical methods in GIS with the support of ArcGIS10.5 package program. According to the results, the general characteristics of the basin rivers in terms of surface water quality are temperate, slightly alkaline, low-mineralized, cloudy in rainy periods and low turbidity in other periods, while the rivers in the eastern parts of the basin show soft water characteristics, the rivers in the western parts of the basin contain medium hard, very low level organic matter, It has a water character with low sulphate, high quality in terms of ammonium and nitrate, less contaminated in terms of nitrite, low phosphate and silicate. This study has shown that GIS techniques can be used easily in similar studies to be carried out for other fields.

**\*Corresponding author’s:**

Bülent VEREP  
RTEÜ Faculty of Fisheries, Department of Basic Sciences, Rize, Türkiye.  
 : [bulent.verep@erdogan.edu.tr](mailto:bulent.verep@erdogan.edu.tr)  
Mobile telephone : +90 (533) 453 68 42  
Telephone : +90 (464) 223 33 85  
Fax : +90 (464) 223 41 18

**Keywords:** Eastern Black Sea basin, geographical information systems (GIS), surface waters, water quality.

## GİRİŞ

Ekosistemdeki yaşamın sürdürülmesinde oynadığı rol itibarıyla su çok önemli bir yere sahiptir. Dünyada bulunan sular güneş enerjisinin yardımıyla hidrolojik döngü içerisinde hareket ederler. Yerkürede yaşayan tüm canlılar tüm faaliyetleri için ihtiyaç duydukları suyu bu hidrolojik döngüden karşılarlar ve kullandıktan sonra suyu tekrar aynı döngüye iade ederler (Yüksek, 2004). Suyun döngüsünde okyanusların, denizlerin ve karasal ekosistemlerin sahip olduğu özelliklerin etkisi oldukça fazladır. Denizler hidrolojik su döngüsünde okyanuslardan sonra boyut olarak ikinci derecede önemli su büyük havzalarını oluştururlar. Özellikle Karadeniz gibi iç denizlerde denizel ortamın tüm özelliklerini etkileyen en önemli faktör o denize su taşıyan akarsuların sahip olduğu çevresel koşullardır. Bu tür iç denizler diğer tür denizlere kıyasla daha küçük ölçekli ve etrafi karalarla çevrili olup okyanuslarla bağlantıları zayıftır. Bu tür iç denizleri besleyen akarsuların sahip olduğu her türlü çevresel koşullar (örneğin: arazi kullanım şekli, tarımda kullanılan gübreler, pestisidler, hormonlar, sanayi kuruluşlarından ve evlerden oluşan atıklar, atık sular, erozyon, vb) bu tür denizlerin fiziko-kimyasal ve ekolojik koşullarında belirleyici olmaktadır. En uzun kıyısı Türkiye sınırları içerisinde olan Karadeniz'in beslenmesinde ve sahip olduğu hidrolojik ve ekolojik özelliklerinin oluşmasında doğu Karadeniz akarsu havzasının çok önemli bir yeri vardır. Doğru Karadeniz havzasının havza toplam yağış alanı 24022 km<sup>2</sup>, ortalama yıllık akımı 568.62 m<sup>3</sup>/s, akış oranı 0.62 ve toplam akış katkısı % 9.72'dir (Altunışık, 2015). Akış değeri oldukça yüksek olan doğu Karadeniz havzasındaki ekolojik dengenin bozulması ile tüm dünya genelinde olduğu gibi bu havza içerisinde de küresel iklim değişiminin etkileri hissedilir biçimde görülmektedir. Doğru Karadeniz havzasının entegre havza planlamasının yapılması ve sürdürülebilir bir havza yönetim modeli için akarsulardaki fiziko-kimyasal parametrelerin izlenmesi oldukça önemli bir husustur. Bu sayede akarsuların hangi kesimlerinde daha fazla kirliliğin olduğu ve hangi alanların ciddi seviyede risk altında olduğu kolaylıkla belirlenebilecektir. Böylece kirliliğin risk oluşturduğu alanlara doğru zamanda ve hızlı bir şekilde müdahale edilerek sorunun çözülmesi sağlanabilecektir.

Bu açıdan Doğru Karadeniz havzasındaki akarsulara ait bazı fiziko-kimyasal su kalite parametrelerinin su kalite yönetmeliklerine göre kalite sınıflarının belirlenmesi ve su kalitesinin alansal olarak dağılımının coğrafik bilgi sistemleri kullanılarak belirlenmesi bu çalışmanın ana konusu olmuştur.

## MATERYAL VE METOT

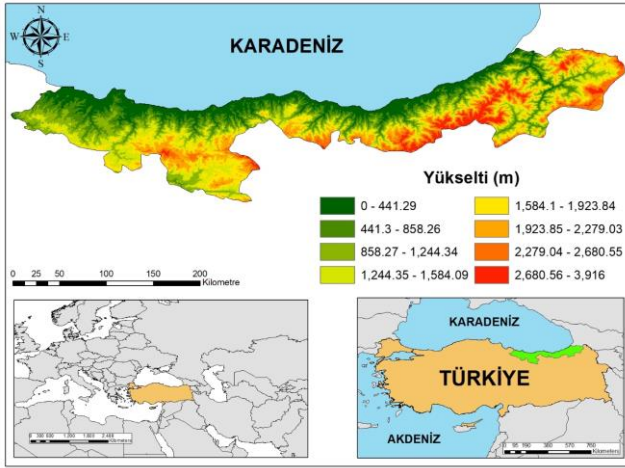
Bu çalışma 2013 yılında doğu Karadeniz akarsu havzasında aylık ortalama debileri yaklaşık 10 m<sup>3</sup>/sn'in

üzerindeki büyük akarsularda ve mevsimsel periyotlarla 11 farklı istasyonda gerçekleştirilmiştir (Şekil 1, Tablo 1). İstasyonların seçildiği akarsular OM (Melet), GB (Pazarsuyu), GM (Aksu), GT (Harşit), TM (Değirmendere), TO (Solaklı), Rİ (İyidere), RÇ (Büyükdere), RA (Fırta), RF (Çağlayan) ve AA (Kapistre) olmak üzere kodlanmıştır (Tablo 1). Akarsu ağızlarına yakın noktada belirlenmiş istasyonlarda sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik ölçümleri YSI 556 model su analiz seti ve çözünmüş oksijen ölçümleri ise Hach-Q/40D model oksijenmetre ile yerinde ölçülmüştür. Çözünmüş besin elementi analizleri için alınan örnekler 0,45 µm gözenek çapındaki membran filtrelerden örnekleme anında filtre edilmiş ve su numuneleri araç tipi soğutucu/dondurucu ile laboratuvara taşınmıştır.

**Çalışma Alanı ve İstasyonlar:** Bu çalışma, Ordu-Melet ırmağından başlayarak Artvin Kapistre deresine kadar uzanan yaklaşık 335 km'lik kıyı hattı boyunca denize dökülen akarsuların, fiziko-kimyasal su kalitesini konu edinmiştir (Şekil 1). Çalışmada 11 farklı akarsu istasyonundan mevsimsel olarak su örnekleme yapılmış ve bazı fiziko-kimyasal su kalite parametreleri yerinde ölçülmüştür.

Doğu Karadeniz ile Orta Karadeniz bölgelerini birbirinden ayıran ve Ordu ilinin önemli bir içme suyu kaynağı olan Melet ırmağı, Karagöl dağlarından doğup Mesudiye ilçesinden geçerken Esat deresi ile birleştikten 85 km sonra Ordu ilinin doğusundan Karadeniz'e dökülmektedir (DSİ, 2003). Kolları ile beraber 161 km uzunluğa sahip Melet ırmağının yağış havzası alanı 1859,2 km<sup>2</sup> (41 m kotunda)'dir. Yıllık ortalama debisi (2009-2013 yılları arası) 24,393 m<sup>3</sup>/sn ile Doğu Karadeniz akarsu havzası içerisinde su potansiyeli bakımından 3. sırada yer almaktadır (DOKAP-1, 2013; DSİ-1, 2014). Bu çalışmanın 1. istasyonu, Ordu-Samsun Karayolu köprüsünün hemen altında uygun bir noktada seçilmiştir (Tablo 1, Şekil 1).

Giresun ili Piraziz ilçesi için önemli bir içme suyu kaynağı olan Pazarsuyu deresi, Karagöl ve Yürücek bölgelerinden gelen sularla birleşip Bulancak ilçesinin batısından Karadeniz'e ulaşmaktadır (DOKAP-2, 2013). Kaynağından denize döküldüğü noktaya kadar tüm kolları ile beraber uzunluğu 80 km, yağış havzası alanı 770,70 km<sup>2</sup> (20 m kotunda) olan Pazarsuyu deresinin yıllık ortalama debisi (2004-2013 yılları arası) 17,515 m<sup>3</sup>/sn ile doğu Karadeniz akarsu havzasının 4. büyük su potansiyeline sahip akarsuyudur (DOKAP-2, 2013; DSİ-2, 2014). Bu çalışmanın 2. istasyonu, Pazarsuyu deresinin Bulancak ilçesinden Karadeniz'e döküldüğü mevkide, Giresun-Trabzon Karayolu köprüsünden yaklaşık 500 m içerdeki uygun bir noktada seçilmiştir (Tablo 1, Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanının coğrafi konumu.

Figure 1. Geographical location of the study area.

Tablo 1. Çalışma alanında seçilen istasyonların koordinat bilgileri  
Table 1. Coordinate information of the stations selected in the study area.

İstasyonun Adı	İst. Bulunduğu İl-İlçe	İstasyon Kodu	Koordinat	
			X	Y
Kapistre	Artvin-Arhavi	AA	41,297417	41,349450
Çağlayan	Rize-Fındıklı	RF	41,150417	41,278967
Fırtına	Rize-Ardeşen	RA	40,963833	41,187133
Büyükdere	Rize-Çayeli	RÇ	40,712045	41,082830
İyidere	Rize-İyidere	RI	40,331817	40,986617
Solaklı	Trabzon-Of	TO	40,267152	40,943021
Değirmendere	Trabzon-Merkez	TM	39,756900	41,002317
Harşit	Giresun-Tirebolu	GT	38,849733	41,005500
Aksu	Giresun-Merkez	GM	38,441117	40,912617
Pazarsuyu	Giresun-Bulancağ	GB	38,176367	40,942533
Melet	Ordu-Merkez	OM	37,935317	40,975600

Giresun ili Karagöl bölgesinden doğan Aksu deresi, Kızıltaş, Sarıyakup, Pınarlar ve Güdün bölgelerinin sularıyla birleştikten sonra Dereli ilçe merkezinden geçerek Giresun il merkezinin doğusundan Karadeniz'e dökülmektedir (DOKAP-2, 2013). Kaynağından Karadeniz'e döküldüğü noktaya kadar uzunluğu 58,8 km olan Aksu deresinin yağış havzası alanı 741 km<sup>2</sup> (175 m kotunda)'dir. Yıllık ortalama debisi (2005-2013 yılları arası) 14,796 m<sup>3</sup>/sn'dir (Anlı ve Okman, 2005; DSİ-2, 2014). Bu çalışmanın 3. istasyonu, Aksu deresinin Giresun il merkezinin doğusundan Karadeniz'e döküldüğü mevkide, Trabzon-Giresun karayolu köprüsünün yukarıdaki uygun bir noktada seçilmiştir (Tablo 1, Şekil 1).

Gümüşhane ilinin doğu sınırındaki Vauk Dağı'nın kuzey eteklerinde bulunan Sifon deresinden kaynağını alan Harşit çayı, Keçi deresi, Mavrangel deresi ve Gümüşhane derelerini aldıktan sonra Torul ve Kürtün ilçelerinden geçerek Günyüzü yakınlarından Giresun il topraklarına girer. Hidroelektrik santrallerinin de bulunduğu Doğankent ilçesinden geçerek Tirebolu'nun doğusundan Karadeniz'e dökülür (DOKAP-2, 2013; İÇDR, 2013; DTMP, 2012). Kaynağından Karadeniz'e döküldüğü noktaya kadar uzunluğu 142 km olan Harşit çayının Giresun il sınırlarındaki toplam uzunluğu 95 km'dir. Yağış havzası alanı 3175,6 km<sup>2</sup> (111 m kotunda) ve yıllık ortalama debisi (1998-2007 yılları arası) 37,718 m<sup>3</sup>/sn'dir (DTMP, 2012; DSİ-2, 2014). Bu çalışmanın 4. istasyonu, Harşit çayının

Tirebolu'nun doğusundan Karadeniz'e döküldüğü mevkide, Tirebolu ilçe merkezinden geçen Giresun-Trabzon karayolu köprüsünün yukarısında uygun bir noktada seçilmiştir (Tablo 1, Şekil 1).

Trabzon ili güneyini çevreleyen Horos ve Kalkanlı dağlarının kuzey eteklerinden doğan akarsu Meryemana, Hamsiköy, Maçka, Altıntaş, Galyan kollarının birleşmesiyle Değirmendere oluşur. Akarsu, kuzeyden güneye doğru Maçka, Esiroğlu, Çağlayan ve Akoluk merkezlerinden geçerek Trabzon il merkezinin doğusundan Karadeniz'e dökülür (DOKAP-3, 2013; Boran vd., 2004). Değirmendere yaklaşık 53 km uzunluğundadır (Beret, 1956). Yağış havzası alanı 728,4 km<sup>2</sup> (160 m kotunda) ve yıllık ortalama debisi (2004-2013 yılları arası) 11,256 m<sup>3</sup>/sn'dir (DSİ-2, 2014). Bu akarsuyun aşağı kesimleri boyunca ve deniz'e döküldüğü delta alanında, yoğun olarak küçük büyüklü birçok endüstriyel tesis ve fabrikalar faaliyet göstermektedir. Trabzon çevresindeki akarsular içerisinde evsel, tarımsal ve endüstriyel atıksulardan en çok etkilenen akarsulardan biridir. Bu çalışmanın 5. istasyonu olan Değirmendere, Trabzon şehir merkezinin doğusunda Rize-Trabzon şehirlerarası karayolu köprüsünün altındaki uygun bir noktada seçilmiştir (Tablo 1, Şekil 1).

Solaklı deresi, Trabzon'un Of ilçesinin güneyinde yer alan Soğanlı dağlarının kuzeye bakan yamaçlarından doğup Uzungölü besleyen Haldizen deresi ve bu dereyle birleşen Ögene deresinin devamı olup diğer küçük kollarla Çambaşı mevkiinde birleşerek Solaklı deresini oluşturmaktadır. Solaklı deresi, Uzungöl'den çıkan Haldizen deresinin Çaykara ve Of ilçe merkezlerinden geçerken küçük kollarla beslenerek Karadeniz'e dökülmektedir (Verap vd., 2002; Anonim-1, 2010). Toplam uzunluğu 80 km olan Solaklı deresi, Trabzon ilinin en uzun akarsuyudur (Anonim-2, 2013). Yağış havzası alanı 576,80 km<sup>2</sup> (275 m kotunda) ve yıllık ortalama debisi (2004-2013 yılları arası) 14,607 m<sup>3</sup>/sn'dir (DSİ-2, 2014). Bu çalışmanın 6. İstasyonu olan Solaklı deresi, Trabzon'un Of ilçesinin batısında ve Rize-Trabzon karayolu köprüsünden Uzungöl (Çaykara) istikametinde yaklaşık 200 m yukarıda uygun bir noktada seçilmiştir (Tablo 1, Şekil 1). İyidere, kaynağını Doğu Karadeniz Dağları'nın en yüksek kesimlerinden alır ve Çamlık ve Cimil derelerinin birleşmesiyle oluşan İkizdere'nin devamı olan bir akarsudur.

İyidere, kaynağını doğu Karadeniz dağları'nın en yüksek kesimlerinden alır ve Çamlık ve Cimil derelerinin birleşmesiyle oluşan İkizdere'nin devamı olan bir akarsudur. Rize ilinin en büyük ilçesi olan İkizdere'nin ilçe sınırından itibaren İyidere adıyla devam eder ve Kalkandere'yi de bünyesine alarak Trabzon-Rize il sınırını çizdikten sonra İyidere ilçesinin batısından Karadeniz'e dökülmektedir (Zaman, 2007; Zaman ve Birinci, 2011; URL-1, 2014). Rize ilinin en uzun akarsuyu olan İyidere deresi, kaynağından itibaren Karadeniz'e döküldüğü noktaya kadar ki uzunluğu

78,4 km<sup>2</sup>'dir (Verap, 2006). Yağış havzası alanı 445,20 km<sup>2</sup> (942 m kotunda) ve yıllık ortalama debisi (2004-2013 yılları arası) 14,973 m<sup>3</sup>/sn'dir (DSİ-2, 2014).

Bu çalışmanın 7. İstasyonu olan İyidere, Rize'nin İyidere ilçesinin batısında ve Rize-Trabzon karayolu köprüsünden Rize-Erzurum istikametinde yaklaşık 100 m yukarıda uygun bir noktada seçilmiştir (Tablo 1, Şekil 1). Kaynağını Demir dağının Tekfur tepesinden alan Büyükdere, Kaptanpaşa'nın üst kesimlerinde Çataldere ve Karadere gibi iki anakol ile birleştikten sonra birçok küçük kolları da alarak Çayeli'nin batısından Karadeniz'e dökülmektedir (URL-2; Dinçer vd., 2012). Büyükderenin Çataldere ve Karadere ile birleşim noktasından itibaren denize döküldüğü noktaya kadar ki yaklaşık uzunluğu 25 km'dir. Yağış havzası alanı 231,20 km<sup>2</sup> (400 m kotunda) ve yıllık ortalama debisi (2004-2013 yılları arası) 11,364 m<sup>3</sup>/sn'dir (DSİ-2, 2014).

Bu çalışmanın 8. İstasyonu olan Büyükdere, Rize'nin Çayeli ilçesinin batısında ve Rize-Artvin karayolu köprüsünden Çayeli-Madenli Beldesi istikametinde yaklaşık karayolu köprüsünden 30 m yukarıda uygun bir noktada seçilmiştir (Tablo 1, Şekil 1).

Fırtına deresi, Kaçkar, Verçenik (Üçdoruk), Göller (Hunut) ile Bulut-Altıparmak dağlarının zirvelerinden kaynağını alan ve Çamlıhemşin ilçe merkezinde birleşen Ayder (Hala) ve Büyükdere (Hemşin) dereleri ile vadinin alt kesimlerinde bu vadiye karışan Tunca ve Durak dereleri ve çok sayıda kolların (Kavran, Ceymakcur, Palakcur, Avucur, Kaçkar, Yukarı Şimşirlik) birleşerek Çamlıhemşin ilçesinden geçerek Ardeşen ilçesinin batısından Karadeniz'e dökülür. Doğu Karadeniz akarsu havzaları içerisinde Harşit Çayı havzasından sonra en geniş yağış havzasına (toplam 1155,44 km<sup>2</sup>) sahip olan bir akarsudur (Yüksek vd., 2020). Yağış havzası kuzeyden Karadeniz, güneyden Kaçkar ve Soğanlı dağlarıyla çevrelenmiş olup denizden itibaren hızla yükselen dağlar 3900 metrelere kadar ulaşır. En yüksek noktası, 3932 m ile Kaçkar dağı zirveleridir (Bayrakdar, 2006; Zaman, 2007). Fırtına deresinin kaynağından denize döküldüğü noktaya kadar ki uzunluğu yaklaşık 57 km'dir (Bayrakdar, 2006). Yağış havzası alanı 763,20 km<sup>2</sup> (237 m kotunda) ve yıllık ortalama debisi (2004-2013 yılları arası) 33,844 m<sup>3</sup>/sn'dir (DSİ-2, 2014). Yıllık toplam yağış miktarı 1956 mm ile Türkiye'nin en yağışlı bölgesi olan Fırtına deresi havzası, deniz kıyısından itibaren orografik yağışların sık görüldüğü bölgedir (Bayrakdar, 2006). Yıllık ortalama debisi (2004-2013 yılları arası) 33,844 m<sup>3</sup>/sn ile Doğu Karadeniz akarsu havzaları içerisinde Harşit Çayı'ndan sonra ikinci sırada yer almaktadır. Bu çalışmanın 9. istasyonu, Fırtına deresinin denize dökülmekte olduğu bölgede Pazar Hamidiye'yi Ardeşen ilçesine bağlayan karayolu köprüsünün üst tarafında uygun bir noktada seçilmiştir (Tablo 1, Şekil 1).

Çağlayan deresini Kaçkar dağlarının doğu uzantıları üzerinde 2800 m kotlarında Öküzboğan Gölünden doğan adımı aynı gölden alan dere ile başlayıp Abuçağlayan deresine bağlanan kaynak suları oluşturmaktadır. Çağlayan deresi Karadeniz'e doğru akarken 1000 m kotlarında Ayılık deresi ve bir çok yan kollarla birleşerek Paşalar mevkiinde 2000 m kot kaybederek derenin eğimi azalırken bu mevkiilerde Mersekdere, Fidanlıdere ve Kebanlıdere kolları ile beslenerek Fındıklı ilçesi yakınlarından Karadeniz'e dökülmektedir (Anonim-3, 2008). Çağlayan deresinin kaynağından denize döküldüğü noktaya kadar ki uzunluğu yaklaşık 34,7 km'dir (DOKAP-4, 2013). Yağış havzası alanı 156 km<sup>2</sup> (60 m kotunda) ve yıllık ortalama debisi (2004-2013 yılları arası) 9,460 m<sup>3</sup>/sn'dir (DSİ-2, 2014). Bu çalışmanın 10. İstasyonu olan Çağlayan deresi, Rize'nin Fındıklı ilçe merkezinin doğu çıkışında bulunan Rize-Artvin karayolu köprüsünden yaklaşık 50 m yukarıda uygun bir noktada seçilmiştir (Tablo 1, Şekil 1).

Kaynağının deniz seviyesinden itibaren yaklaşık 3000 metreye kadar çıkan (Kızıltepe-3210 m, Çatalkaya-2985 m, Koyunyayla-2292 m, Mete-2142 m, Dikme-2068 m, Vat-1180 m, Ağra- 1143 m, Baştepe-1049 m, Demirağa-1013 m) dağlık yapıdan alan ve Ballıdere, Sidere, Üçırmak, Nagodid, Dülgerli (Orçi), Dikme (Zurgiza), Agora (Ajara) ve Kavak gibi akışı düzensiz birçok yan kolların birleşmesiyle oluşan Kapistre deresi Arhavi ilçe merkezinin batısından Karadeniz'e boşalmaktadır (URL-3, 2014; Anonim-4, 2011). Kapistre deresinin kaynağından denize döküldüğü noktaya kadar ki uzunluğu yaklaşık 35 km'dir (URL-3, 2014). Yağış havzası alanı 186,20 km<sup>2</sup> (100 m kotunda) ve yıllık ortalama debisi (2004-2013 yılları arası) 10,471 m<sup>3</sup>/sn'dir (DSİ-3, 2014). Bu çalışmanın 11. İstasyonu olan Kapistre deresi, Artvin'in Arhavi ilçe merkezinin batısında bulunan Rize-Artvin karayolu köprüsünden yaklaşık 100 m yukarıda uygun bir noktada seçilmiştir (Tablo 1, Şekil 1).

**Akarsularda Yapılan Ölçümler ve Su Örneklerinin Alınması:** Seçilen akarsuların akarsu ağızlarına yakın noktada belirlenmiş istasyonlardan alınan örnekler en az 3 kez ortam suyu ile çalkalanmış, temiz bir kovaya bolca taşımak suretiyle anlık örnekleme yapılarak alınmış ve sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik değerleri YSI 556 model su analiz seti ile ve çözülmüş oksijen ölçümleri ise Hach-Q/40D model oksijenmetre ile yerinde ölçülmüştür. Çözülmüş besin elementi analizleri için alınan örnekler 0,45 µm gözenek çapındaki membran filtrelerden örnekleme anında filtre edilmiş ve su numuneleri araç tipi soğutucu/dondurucu ile laboratuvara taşınmıştır. Su örnekleri, havzada belirlenen akarsuların nehir ağzı (mansap) bölgelerindeki deniz etkileşiminin olmadığı kısımlarda, akarsuyun en yoğun aktığı ve kıyasal etkiden uzak olan (1-3 m) bölgelerden alınmıştır.

Alınan anlık su numunesinden toplam fosfor, toplam azot ve permanganat indeksi analizleri için 2x100 mL'lik polietilen şişelere numuneler süzülmeden ayrılmıştır (SKKY, 2009). Çözünmüş besin elementi analizleri için el tipi vakum pompası yardımı ile 0,45 µm gözenek çapındaki membran filtrelerle (GF/C) örnekleme anında filtre edilerek 3x100 mL'lik gereğine göre temizlenmiş ve anlık su örneği ile en az 3 kez çalkalanmış polietilen şişeler 2/3 hacmine kadar doldurulmuş, kovadaki kalan diğer su örneği ise 1x1000 mL'lik (beyaz şişe) ve 1x1000 mL'lik (siyah şişe) ışık geçirmez polietilen şişelere aynı su örneği ile bir kaç kez çalkalanarak doldurulmuş ve araç tipi soğutucu/dondurucu ile laboratuvara taşınmıştır. Sadece klorofil-a için en az 1 L su örneğinin süzülmesi olduğu GF/F membrane filtre kağıtları da uygun işlemlerden sonra analiz edilmek üzere dondurucuda ışıktan korunarak muhafaza edilmiştir (Li, 2010).

**Metot:** Bu çalışmada Doğu Karadeniz havzası akarsularının fiziko-kimyasal su kalitesinin mevsimsel değişimlerinin belirlenmesinde, istasyonlardan temin edilen su örneklerinin analizleri ve yerinde yapılan ölçümlerle ilgili metotlar, kullanılan cihaz ve aletler aşağıda sunulmuştur (Tablo 2). Sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik ve çözünmüş

oksijen gibi fiziksel su kalite parametreleri hiç bir ön işlem yapılmadan yerinde ölçülmüştür. Bulanıklık ve askıda katı madde miktarının belirlenmesinde ise alınan su numuneleri herhangi bir ön işlem yapılmadan laboratuvar ortamına ulaştırılarak gerekli ölçüm ve analizler gerçekleştirilmiştir. Titrimerik olarak gerçekleştirilen toplam sertlik ve permanganat indeksi ve kolorimetric olarak ölçülen toplam azot ve toplam fosfor analizleri ise alınan su numuneleri üzerinde süzme veya herhangi bir koruyucu katmadan laboratuvar koşullarında ilgili metotlarla (Tablo 2) analizleri yapılmıştır. Klorofil-a, sülfat, nitrit, nitrat, amonyum, orto fosfat, silisyum analizlerinde ise su numuneleri arazide GF/F ve GF/C ile filtre edildikten sonra klorofil-a için filtratlar ve diğer besin elementleri için ise süzülen su örnekleri araç tipi soğutucu/dondurucuda laboratuvara ulaştırılmıştır (APHA, 1999).

**Coğrafi Bilgi Sistemleri:** Havza sınırları dahilinde tüm konumsal analizler Coğrafi Bilgi Sistemleri kapsamında Jeo-İstatistik (Geostatistics) yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Uygulama kapsamında konumsal veri altyapısının oluşturulması ve bu amaçla gerekli olan tüm uygulama işlem adımları Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımı ArcGIS 10.5 kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 2.** Çalışmada kullanılan ölçüm ve analiz metotları.

**Table 2.** Measurement and analysis methods used in the study.

Parametre	Ölçüm/Analiz Yöntemi/Metot	Kullanılan Alet/Cihaz	Ölçüm Peryodu/Yeri
Sıcaklık (°C)	Termometrik		
pH	Elektrometrik	YSI 556 MPS	Mevsimsel/ Yerinde
E. İletkenlik (µS/cm)	Elektrometrik		
Çöz. Oksijen (mg/L)	LDO (Lüminesans Dissolved Oxygen)	HACH 40QD	
Bulanıklık (NTU)	Nefelometrik	DR2000 Spektrofotometre	
Sülfat (mg/L)	Türbidimetrik		
Askıda Katı Madde (mg/L)	Gravimetrik (SM 2540 D)		
Toplam Sertlik (mg/L)	EDTA ile Titrimerik (SM 2340 C)	Genel Laboratuvar Aletleri	
Permanganat İndeksi (mg/L)	Permanganat ile Titrimerik (SM 4500-O D)		
Klorofil-a (µg/L)	Aseton Ekstraksiyonundan Sonra Spektrofotometrik (SM 10200 H)	UV mini 1240 - Spektrofotometre	
Nitrat Azotu (mg/L)	Otomatik Kadmiyum İndirgeme CFA		Mevsimsel/ Laboratuarda
Nitrit Azotu (mg/L)	Otomatik Kolorimetric CFA		
Amonyum Azotu (mg/L)	Otomatik Salisilat Yöntemi CFA		
o-Fosfat Fosforu (mg/L)	Otomatik Askorbik Asit Yöntemi CFA	SEAL AA3 HR	
Silisyum (mg/L)	Otomatik Molibdat CFA	Kimyasal Otoanalizör	
Toplam Fosfor (mg/L)	Persülfat Parçalama+Otomatik Askorbik Asit CFA		
Toplam Azot (mg/L)	Persülfat Parçalama+Otomatik Kadmiyum İndirgeme CFA		

## BULGULAR

Bu çalışmada Doğu Karadeniz havzasındaki akarsuların fiziko-kimyasal su kalitesi parametrelerinin coğrafik bilgi sistemleri kullanılarak alansal olarak dağılışı ve Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğine göre değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Havzadaki çalışılan akarsularının yıllık sıcaklık ortalaması 15,32 °C olarak belirlenmiş ve en düşük sıcaklık değeri 7,93 °C ile Değirmendere deresinde (Trabzon), en yüksek sıcaklık değeri ise 27,5 °C olarak Pazarsuyu deresinde (Giresun) istasyonunda tespit edilmiştir. Su sıcaklığı, sucul

ortamlarda çözünmüş oksijen, elektriksel iletkenlik, yoğunluk vb. birçok fiziksel su özelliklerini doğrudan değiştiren sucul canlıların optimal yaşam koşullarını ve bir çok biyo-kimyasal süreci etkileyen bir parametredir (UNEP, 2008). Bu nedenle su kalitesi çalışmalarında öncelikle incelenen önemli fiziksel parametrelerden birisidir. Havzadaki 11 farklı akarsu istasyonunun incelendiği bu çalışmada, İyidere (Rİ) istasyonundan batıya doğru yıllık ortalama su sıcaklığının arttığı, doğuya doğru ise yine artacak şekilde bir dalgalanma gözlenmektedir (Şekil 2). Akarsuların yıllık ortalama sıcaklık değerleri incelendiğinde en düşük ve en yüksek

yıllık ortalama sıcaklık değerleri arasında 2,88 °C'lik bir fark söz konusudur (Şekil 2). Bu farklılık istasyonlardaki ölçüm zamanları arasındaki güneş ışınları açısı ve gün içi hava sıcaklığı değişiminden kaynaklanabilecek bir durum olarak değerlendirilebilir. Ayrıca havzanın batısındaki akarsuların yatak eğimlerinin doğuya nazaran daha düşük seviyede olması da bir diğer etken olarak değerlendirilebilir. Havzada daha önce yapılan bazı çalışmalarda ortalama sıcaklık değerleri; Alkan vd., (2013) 12,90 °C, Boran ve Sivri, (2001)'nin Trabzon'daki Solaklı ve Sürmene derelerinde yaptıkları çalışmada 10,6 °C, Aksungur vd., (2007) ise 12,42 °C, Gültekin vd., (2012)'nin sadece Trabzon ili sınırları içerisindeki akarsuların yağışlı dönem su sıcaklık ortalaması 9,10 °C, Dinçer, (2014) Giresun ili sınırları içindeki Çanakçı deresinde yaptığı çalışmada yıllık ortalama sıcaklık değerini 13 °C, Serdar, (2012) İyidere deresinin ortalama su sıcaklığını 11,3 °C olarak bulunmuştur. Bu çalışmada ise havza bazında ortalama su sıcaklığı 15,32 °C olarak tespit edilmiştir. Belirlenen bu değer YSKYY'ne göre su sıcaklığı açısından havza akarsularının su kalite sınıfı I. sınıf olarak tespit edilmiş ve akarsuların ise su kalite sınıfları Tablo 3'te görülmektedir.

Havza akarsularında ölçülen yıllık ortalama pH değeri 7,78 olup en düşük pH değeri ilkbahar mevsiminde Kapistre deresinde (6,30) ölçülürken en yüksek pH değeri 8,87 ile yaz mevsiminde Pazarsuyu istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 6). Sucul ortamlarda suyun asit-baz dengesi, tamponlama kapasitesi ve CO<sub>2</sub>/CO<sub>3</sub>/HCO<sub>3</sub> ilişkisi hakkında bilgi veren, su kalitesi çalışmalarında öncelikle tespit edilen ve bir çok su kalite parametresinin etki seviyesini değiştirmesi açısından önemli bir fiziko-kimyasal parametredir. Bu çalışmada 11 farklı akarsu istasyonunun incelendiği havzada, yaz ve sonbahar mevsimlerinde ortalama pH'nın 8,00-8,50 (alkali karakter) aralığında, kış ve İlkbahar mevsimlerinde ise ortalama pH'nın 7,50 (hafif alkali) civarında seyrettiği tespit edilmiştir (Şekil 2). Havza bazındaki istasyonlar dikkate alındığında Değirmendere deresi (TM) ve batısındaki akarsularda ortalama pH 8,00 civarında iken, doğusundaki akarsularda ise 7,50 düzeylerinde olduğu belirlenmiştir (Şekil 2). Havzada daha önce yapılan bazı çalışmalarda tespit edilen ortalama pH değerleri; Alkan vd., (2013) 8,00, Boran ve Sivri, (2001)'nin Mart-Mayıs ayları arasında Trabzon'daki Solaklı ve Sürmene derelerinde yaptıkları çalışmada 8,14 ve 8,61, Aksungur vd., (2007) ise Kapistre, Çağlayan, Fırtına, İyidere ve Solaklı derelerinde sırasıyla 7,17; 7,31; 7,46; 7,24 ve 7,80, Gültekin vd., (2012)'nin sadece Trabzon ili sınırları içerisindeki Değirmendere ve Solaklı derelerinin denize boşalttığı nehir ağzı bölgelerinde yağışlı dönem ortalama pH değerleri sırasıyla 8,10 ve 7,80, Serdar, (2012) İyidere ve Çifte kavak derelerinin ortalama pH değerleri 7,96 ve 8,07 olarak rapor edilmiştir. Diğer

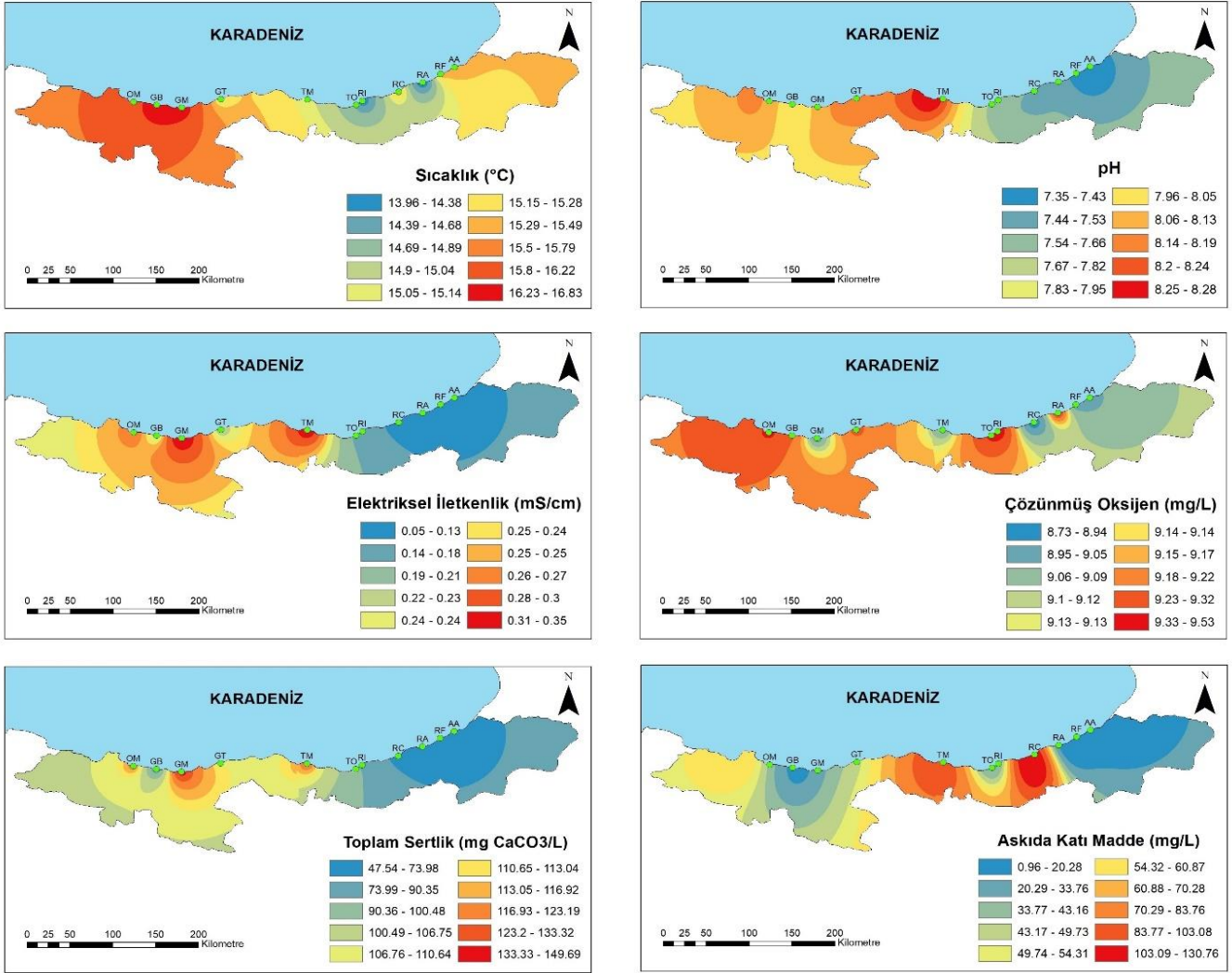
tarafından Dinçer, (2014) Giresun ili sınırları içindeki Çanakçı deresinde yaptıkları çalışmada yıllık ortalama pH değerini 7,92, Bayram, (2011), Harşit Çayı nehir ağzı bölgesinde ortalama pH seviyesini 7,68 olarak bildirirken Turan vd., (2008)'in Melet Irmağında gerçekleştirdiği çalışmada ise pH 8,48 olarak ifade edilmiştir. Burada görüldüğü gibi havza bazında gerçekleştirilen çalışmalarda pH 7,17 ile 8,61 arasında değişmektedir (Şekil 2).

Bu çalışmada ise havza bazında ortalama pH değeri 7,78 olarak tespit edilmiştir. pH yönünden çalışılan akarsular dikkate alındığında havzanın hafif alkali karakterde olduğu ve YSKYY'ne göre I. sınıf su kalite sınıfında yer aldığı saptanmış olup akarsuların pH yönünden su kalite sınıfları Tablo 3'te görülmektedir. Havza akarsularında ölçülen yıllık ortalama elektriksel iletkenlik değeri 0,183 mS/cm olup en düşük elektriksel iletkenlik değeri ilkbahar mevsiminde Çağlayan deresinde (0,041 mS/cm) ölçülürken en yüksek değer ise 0,577 mS/cm ile ilkbahar mevsiminde Değirmendere istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 2). Akarsu havzasının toprak yapısı, arazi kullanımı, kayaçlarının mineral içeriği, iklimsel koşullar ile evsel, tarımsal ve endüstriyel deşarjlardan etkilenen su içerisindeki çözünmüş iyonların miktarı hakkında bilgi veren fiziksel bir su kalite parametresi olan elektriksel iletkenliğin, akarsulardaki doğal seviyeleri 0,01-1,00 mS/cm arasındadır (Bellingham, 2009). Havza bazında yapılan bu çalışmada ortalama elektriksel iletkenlik değerlerinin kış mevsiminde düşük seviyelerde ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimine doğru bir artış gösterdiği ve sonbahar mevsiminde maksimum değerlere ulaştığı gözlemlenmiştir (Şekil 2). Havza bazındaki istasyonlar dikkate alındığında en yüksek iletkenlik değerlerinin Değirmendere (TM) ve Aksu (GM) istasyonlarında gözlemlendiği, Değirmendere (TM) istasyonundan doğuya doğru iletkenlik değerlerinin düştüğü batıya doğru ise gittikçe artan bir seyir izlediği tespit edilmiştir (Şekil 2).

Havzada daha önce yapılan bazı çalışmalarda ortalama elektriksel iletkenlik değerleri; Alkan vd., (2013) 0,109 mS/cm, Aksungur vd., (2007) ise Kapistre, Çağlayan, Fırtına, İyidere ve Solaklı derelerinde sırasıyla 0,05; 0,04; 0,05; 0,06 ve 0,11 mS/cm, Gültekin vd., (2012)'nin sadece Trabzon ili sınırları içerisindeki Değirmendere ve Solaklı derelerinin denize boşaldığı nehir ağzı bölgelerinde yağışlı dönemdeki ortalama elektriksel iletkenlik değerleri sırasıyla 0,251 ve 0,089 mS/cm, Serdar, (2012), İyidere ve Çifte kavak derelerinin ortalama elektriksel iletkenlik değerleri 0,075 ve 0,104 mS/cm olarak bildirilmiştir. Verap vd., (2005), İyidereye yaptıkları çalışmada nehir ağzı bölgesindeki istasyonda ortalama elektriksel iletkenlik değerini 0,070 mS/cm, Gedik vd., (2010) ise Fırtına deresinin nehir ağzında ortalama iletkenlik değerini 0,056 mS/cm olarak

ölçmüşlerdir. Diğer taraftan Dinçer, S., (2014)'nin Giresun ili sınırları içindeki Çanakçı deresinde yaptıkları çalışmada yıllık ortalama elektriksel iletkenlik değerini 0,147 mS/cm, Bayram, (2011), Harşit Çayı nehir ağzı bölgesinde ortalama iletkenlik değerini 0,202 mS/cm olarak bildirirken Kazancı vd., (2010)'nin Aksu Çayı'nda yaptıkları bir çalışmada elektriksel iletkenlik değerlerinin 0,038-0,389 mS/cm aralığında olduğunu ifade etmişlerdir.

Bu çalışmada havza bazında elde edilen ortalama elektriksel iletkenlik değeri ise 0,183 mS/cm olarak tespit edilmiştir. Dolayısıyla bu ortalama değer dikkate alındığında, YSKYY'ne göre elektriksel iletkenlik açısından havzanın I. sınıf su kalitesine sahip olduğu, akarsuların ayrı ayrı su kalite sınıfları ise Tablo 3'te görülmektedir.



**Şekil 2.** Fiziko-kimyasal su kalite parametreleri.  
**Figure 2.** Physico-chemical water quality parameters.

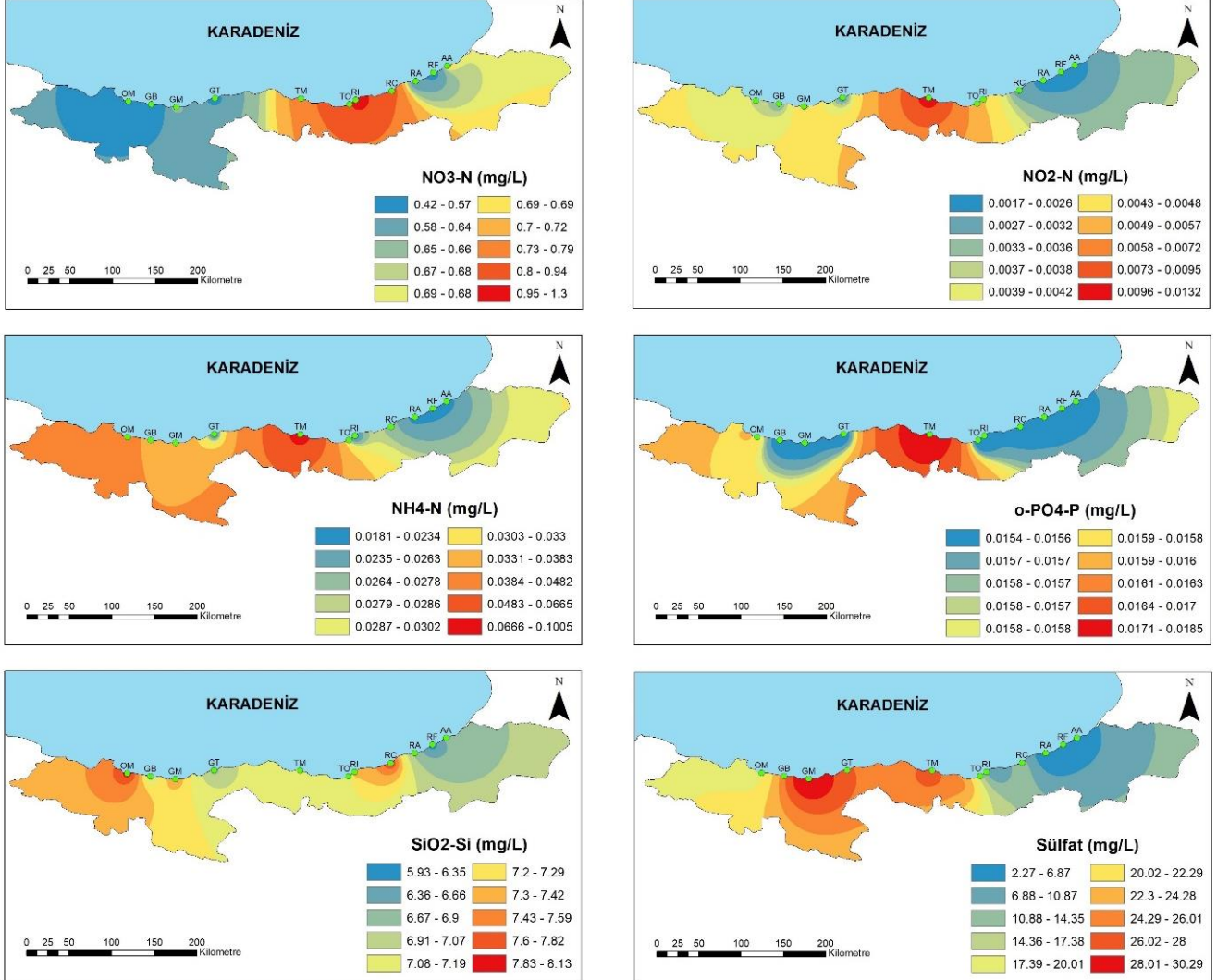
Su içerisine ışığın geçişini engelleyen, suyun berraklığını değiştiren her türlü askıdaki katı madde suda bulanıklık oluşturur. Bulanıklık sudaki fitoplanktonların ve bentik alglerin gelişimini etkilediği gibi diğer hayvansal organizmaların av, avcı, üreme ve beslenme ilişkileri üzerinde doğrudan etkilidir (Bellingham, 2009). Havza bazında yapılan bu çalışmada ortalama bulanıklık değerlerinin dere ıslah çalışmaları ve ani yağışların etkisi ile yaz mevsiminde, diğer mevsimlere oranla daha yüksek olduğu diğer mevsim ortalamalarının ise birbirlerine yakın olduğu tespit edilmiştir (Şekil 2). İstasyonlar dikkate

alındığında havzadaki en yüksek bulanıklık Büyükdere (RÇ) ve Değirmendere (TM) istasyonlarında gözlemlendiği, diğer istasyonlarda ise ortalama bulanıklık değerlerinin birbirlerine yakın ve düşük seviyelerde olduğu belirlenmiştir (Şekil 2).

Havzada daha önce yapılan bazı çalışmalarda ortalama bulanıklık değerleri; Alkan vd., (2013) 49,15 FTU, Aksungur vd., (2007) ise Kapistre, Çağlayan, Fırtına, İyidere ve Solaklı derelerinde sırasıyla 4,15; 9,06; 22,22; 28,32 ve 48,28 NTU, Gültekin vd., (2012)'nin yaptıkları bir çalışmada Trabzon ili sınırları içerisindeki

Değirmendere'nin nehir ağzı bölgesinde, yağışlı dönemdeki ortalama bulanıklık değeri 58 NTU, Gedik vd., (2010) ise Fırtına deresinin nehir ağzı istasyonunda ortalama bulanıklık değeri 18,24 NTU olarak ölçmüşlerdir. Diğer taraftan Bayram, (2011), Harşit

Çayı'nın nehir ağzı bölgesinde ortalama bulanıklık değerini 134,75 NTU olarak bildirmiştir. Bu çalışmada ise havza bazında elde edilen ortalama bulanıklık değeri 39,60 NTU olarak tespit edilmiştir.



Şekil 3. Kimyasal su kalite parametreleri.  
Figure 3. Chemical water quality parameters.

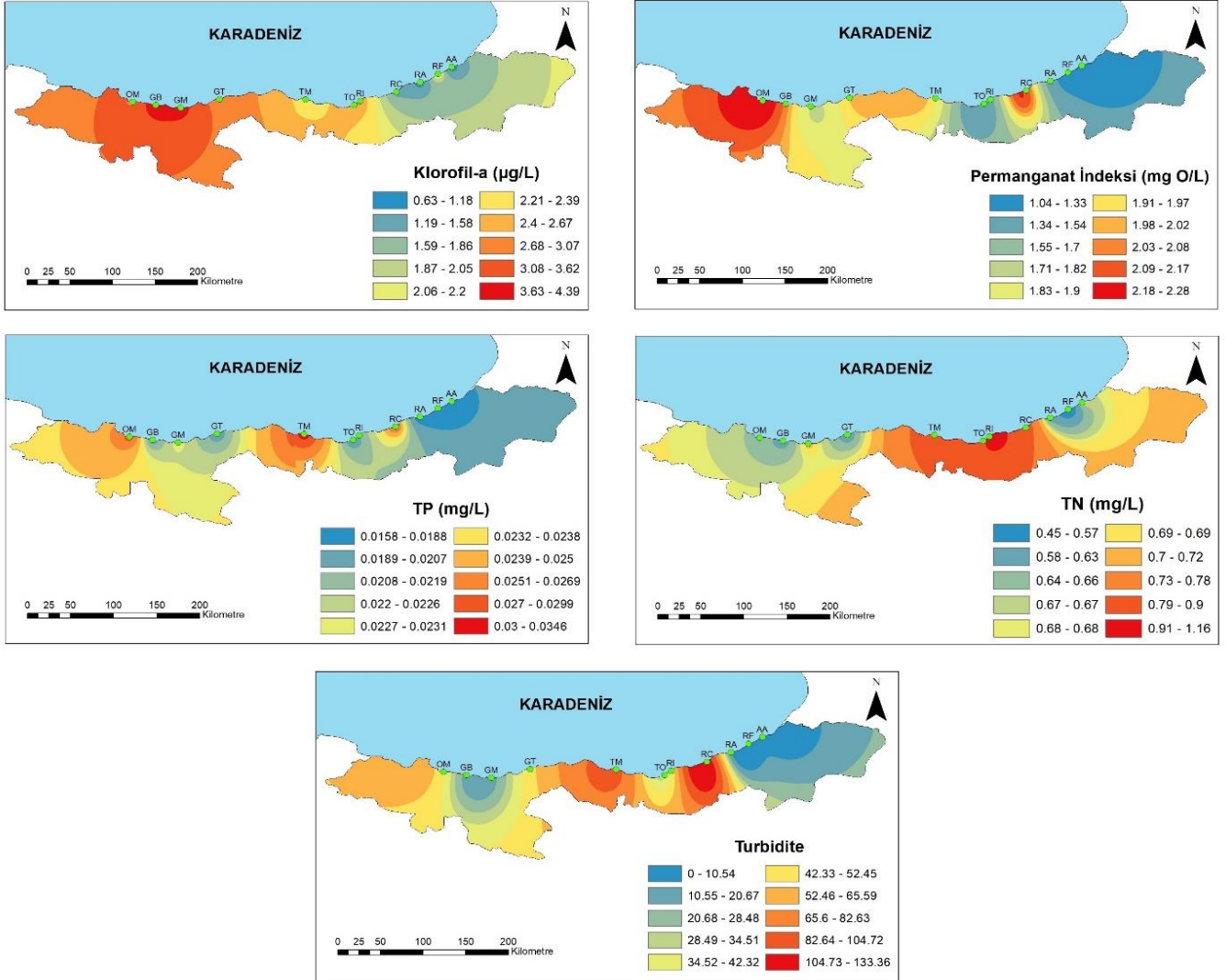
Havzada daha önce yapılan bazı çalışmalarda ortalama AKM değerleri; Alkan vd., (2013) 57,7 mg/L, Dinçer, S., (2014) Giresun Çanakçı deresinde yaptıkları çalışmada yıllık ortalama AKM miktarını 20,3 mg/L, Boran ve Sivri, (2001)'in Solaklı deresinde yaptıkları çalışmada, yağışlı dönem (Mart, Nisan, Mayıs) için ortalama AKM değeri 82,0 mg/L, Erüz vd., (2005)'nin Trabzon ili akarsularında yaptıkları bir çalışmada yıllık ortalama AKM değerleri Değirmenderede 60,0 mg/L, Solaklı deresinde 52,36 mg/L, İyidere'de ise 33,86 mg/L il bazındaki bütün akarsuların ortalama AKM değerini 39,81 mg/L, Gedik vd., (2010)'in Fırtına deresi nehir ağzı bölgesinde AKM değerini 19,28 mg/L, Sayın, (2000) ise Eylül-Şubat döneminde Değirmenderede ortalama AKM

değerini 303,2 mg/L, Verap vd., (2005) Kasım-Mayıs arasında İyidere'de ortalama AKM değerini 25,56 mg/L, Serdar, (2012) yine İyidere'de yıllık ortalama AKM değerini 32,13 mg/L olarak bildirmişler. Diğer taraftan Bayram, (2011) ise Harşit Çayı'nın nehir ağzı bölgesinde ortalama AKM değerini 69,98 mg/L olarak bildirmiştir. Bu çalışmada ise havza bazında elde edilen ortalama AKM değeri 40,36 mg/L olarak tespit edilmiştir. Havza bazındaki bu çalışmada elde edilen akarsuların yıllık ortalama çözünmüş oksijen içeriği 9,17 mg/L olup en düşük değer (7,80 mg/L) kış mevsiminde Değirmendere (TM) ölçülürken en yüksek değer 11,44 mg/L ile sonbahar mevsiminde yine Değirmendere (TM) istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 2).



Deniz seviyesindeki tatlı suların çözülmüş oksijen seviyeleri 0 °C'de 15 mg/L'den 25 °C sıcaklıkta 8 mg/L'ye kadar değişmektedir. Kirlenmemiş bir tatlı sudaki çözülmüş oksijen konsantrasyonları 10 mg/L'ye kadar yaklaşmaktadır (Bellingham, 2009). Tatlı su ortamındaki oksijenli yaşamın devamı için gerekli oksijen miktarının 5,0 mg/L olması istenmektedir (EPA, 1979). Bu çalışma kapsamında elde edilen havza akarsularının ortalama çözülmüş oksijen içerikleri incelendiğinde, en yüksek

değerler Sonbahar ve Kış mevsimlerinde, İlkbahar ve Yaz mevsimlerinde ise en düşük değerler elde edilmiştir (Şekil 2). Havzada istasyonlar dikkate alındığında en yüksek ve en düşük çözülmüş oksijen değerlerinin Değirmendere (TM) istasyonunda gözlendiği, ortalama çözülmüş oksijen değerlerinin havzadaki tüm istasyonlarda birbirine yakın olduğu ve bu değerlerin sucul yaşam için tehlike oluşturmayacak seviyelerde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 2).



**Şekil 4.** Organik su kirliliğiyle ilgili parametreler.  
**Figure 4.** Parameters related to organic water pollution.

Havzadaki diğer çalışmalarda elde edilen ortalama çözülmüş oksijen değerleri; Alkan vd., (2013) 10,07 mg/L, Aksungur vd., (2007) ise Kapistre, Çağlayan, Fırtına, İyidere ve Solaklı derelerinde sırasıyla 10,03; 10,53; 10,63; 10,62 ve 10,26 mg/L, Boran ve Sivri, (2001) Mart, Nisan ve Mayıs aylarında Solaklı deresinde ortalama çözülmüş oksijen değerini 9,60 mg/L, Bulut ve Tüfekçi, (2005), Değirmendere'nin Galyan Kolunda ortalama oksijen değerini 10,32 mg/L, Gedik vd., (2010) ise Fırtına deresinin nehir ağzında ortalama çözülmüş oksijen

değerini 10,40 mg/L, Verap vd., (2005), İyidere'de yaptıkları çalışmada nehir ağzı bölgesindeki istasyonda ortalama oksijen değerini 8,58 mg/L, Turan vd., (2008) 9,61 mg/L, Gültekin vd., (2012)'nin sadece Trabzon ili sınırları içerisindeki Değirmendere ve Solaklı derelerinin denize boşaldığı nehir ağzı bölgelerinde yağışlı dönemdeki ortalama çözülmüş oksijen değerleri sırasıyla 11,20 ve 9,90 mg/L, Kazancı vd., (2010) Aksu Çayı'nda yaptıkları çalışmada minimum ve maksimum çözülmüş oksijen değerleri 7,91-12,05 mg/L olarak belirlenmiştir. Diğer

tarafından Dinçer, (2014) Giresun ili sınırları içindeki Çanakçı deresinde yaptıkları çalışmada yıllık ortalama çözünmüş oksijen değerini 7,11 mg/L, Bayram, (2011), Harşit Çayı nehir ağzı bölgesinde ortalama çözünmüş oksijen değerini 10,78 mg/L olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise elde edilen ortalama çözünmüş oksijen değeri 9,17 mg/L olarak tespit edilmiştir. Havza akarsuları, çözünmüş oksijen içeriği bakımından sucül hayat için sorun oluşturabilecek bir durumun sözkonusu olmadığı, ortalama değerler dikkate alındığında havza akarsularının YSKYY'ne göre, çözünmüş oksijen parametresi bakımından su kalite sınıfı I. sınıf iken akarsuların ayrı ayrı su kalite sınıfları Tablo 3'te görülmektedir.

Bu çalışma kapsamında havza bazında elde edilen akarsuların yıllık ortalama toplam sertlik değeri 90,45 mg CaCO<sub>3</sub>/L olarak tespit edilmiş olup en düşük değer (15,00 mg CaCO<sub>3</sub>/L) ilkbahar mevsiminde Çağlayan (RF) ve Fırtına (RA) derelerinde ölçülürken en yüksek değer 240,00 mg CaCO<sub>3</sub>/L ile sonbahar mevsiminde Aksu (GM) deresinde ölçülmüştür (Şekil 2). Çalışma kapsamında akarsularının havza bazındaki mevsimsel ortalama toplam sertlik değerleri incelendiğinde, en yüksek değer Sonbahar mevsiminde gözlemlendiği, diğer mevsimlerin ortalamalarının ise birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 2). İstasyonlarda gözlenen en yüksek toplam sertlik değeri Aksu (GM) deresinde, en düşük değer ise Çağlayan (RF) deresinde gözlemlenmiştir. Pazarsuyu (GB) istasyonu hariç istasyonlar arasındaki ortalama toplam sertlik değerleri incelendiğinde genel itibarla doğudan batıya doğru istasyonlarda toplam sertlik değerlerinin artış eğiliminde oldukları görülmüştür (Şekil 2). Sawyer (1960)'ın ileri sürdüğü sertlik sınıflandırmasına göre sular; çok yumuşak (0-75 mg CaCO<sub>3</sub>/L), orta sert (75-150 mg CaCO<sub>3</sub>/L), sert (150-300 mg CaCO<sub>3</sub>/L) ve çok sert (>300 mg CaCO<sub>3</sub>/L) olarak sınıflandırılmıştır. Bu sınıflamaya göre havza akarsularının çok yumuşak ve sert su özellikleri gösterdiği tespit edilmiştir. Havzada hiçbir zaman çok sert özellikte sular tespit edilmemiştir. Havzadaki diğer çalışmalarda elde edilen CaCO<sub>3</sub> cinsinden ortalama toplam sertlik değerleri; Alkan vd., (2013) 70,34 mg/L, Aksungur vd., (2007) ise Kapistre, Çağlayan, Fırtına, İyidere ve Solaklı derelerinde sırasıyla 31,7; 29,4; 37,2; 33,1 ve 51,5 mg/L, Bulut ve Tüfekçi, (2005), Değirmendere'nin Galyan Kolunda ortalama toplam sertlik değerini 96,76 mg/L, Gedik vd., (2010) ise Fırtına deresinin nehir ağzında 34,83 mg/L, Verap vd., (2005), İyidere nehir ağzı bölgesinde 40,36 mg/L, Gültekin vd., (2012)'nin sadece Trabzon ili sınırları içerisindeki Değirmendere ve Solaklı derelerinin denize boşaldığı nehir ağzı bölgelerinde yağışlı dönemdeki ortalama toplam sertlik değerleri sırasıyla 122 ve 43,9 mg/L, Dinçer, (2014) Giresun ili sınırları içindeki Çanakçı deresinde yaptıkları çalışmada yıllık ortalama toplam sertlik değerini 68 mg/L, Bayram, (2011) ise Harşit Çayı

nehir ağzı bölgesinde ortalama toplam sertlik değerini 120,75 mg/L olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise havzanın ortalama toplam sertlik değeri 90,45 mg CaCO<sub>3</sub>/L ile orta sert su özelliği gösterdiği tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında havza bazında elde edilen akarsuların yıllık ortalama sülfat değeri 16,06 mg/L olarak tespit edilmiş olup en düşük değer (<1,00 mg/L) Kış mevsiminde Çağlayan (RF) İstasyonunda ölçülürken en yüksek değer (55,00 mg/L) Yaz mevsiminde Pazarsuyu (GB) istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 3). Çalışma kapsamında akarsularının havza bazındaki mevsimsel ortalama sülfat değerleri incelendiğinde, en yüksek değerlerin Yaz ve Sonbahar mevsimlerinde gözlemlendiği, en düşük değerler ise İlkbahar ve Kış mevsimlerinde gözlemlenmiştir (Şekil 3). İstasyonlar arasında ölçülen en yüksek sülfat değeri Pazarsuyu (GB) istasyonunda, en düşük değer ise Çağlayan (RF) deresinde gözlemlenmiştir. İstasyonlar arasındaki ortalama sülfat değerleri incelendiğinde doğudan batıya doğru Aksu (GM) istasyonunda maksimum seviyede olmak üzere düzenli bir artış eğiliminin gözlemlendiği, buna rağmen sülfat iyonu açısından havza akarsularının oldukça fakir olduğu söylenebilir (Şekil 3). Havzadaki diğer çalışmalarda elde edilen ortalama sülfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) değerleri; Alkan vd., (2013) 10,33 mg/L, Aksungur vd., (2007) ise Kapistre, Çağlayan, Fırtına, İyidere ve Solaklı derelerinde sırasıyla 1,53; 2,00; 2,14; 6,31 ve 10,31 mg/L, Boran vd., (2004) Değirmendere nehir ağzı istasyonunda sülfat değerini 303,17 mg/L, Gültekin vd., (2012)'nin sadece Trabzon ili sınırları içerisindeki Değirmendere ve Solaklı derelerinin denize boşaldığı nehir ağzı bölgelerinde yağışlı dönemdeki ortalama sülfat değerleri sırasıyla 25,0 ve 162 mg/L, Turan vd., (2008) Aşağı Melet havzasında yaptıkları çalışmada sülfat değerini 14,72 mg/L, Ekingen ve Kazancı, (2012), Aksu Çayı'nda yaptıkları çalışmada sülfat minimum ve maksimum olarak 7-74 mg/L, olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise ortalama sülfat değeri 16,06 mg/L olarak tespit edilmiştir. Genellikle yüzey suları 2-80 mg/L aralığında sülfat iyonu içerir. Endüstriyel deşarjların yapıldığı sularda ve kurak bölgelerde 1000 mg/L'ye kadar yükselebildiği halde bir suyun kirli sayılabilmesi için sülfat konsantrasyonunun 400 mg/L'nin üzerinde olması gerekmektedir (Chapman ve Kimstach, 1996; Göksu, 2003). İnsani tüketim amaçlı sularda sülfat derişimine 250 mg/L'ye kadar izin verilmektedir. Havzada sülfat iyonu açısından sucül hayat için sorun oluşturabilecek bir durumun söz konusu olmadığı, ortalama değerler dikkate alındığında havzanın sülfat açısından oldukça fakir olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında havza bazında elde edilen akarsuların yıllık ortalama permanganat indeksi değeri 1,71 mg O/L olarak tespit edilmiş olup en düşük değer (0,64 mg O/L) Kış mevsiminde Çağlayan (RF)

İstasyonunda ölçülürken en yüksek değer (3,14 mg O/L) Yaz mevsiminde Değirmendere (TM) ve Sonbahar mevsiminde Büyükdere (RÇ) istasyonlarında ölçülmüştür (Şekil 4). Çalışma kapsamında akarsularının havza bazındaki mevsimsel ortalama permanganat indeksi değerleri incelendiğinde, Kış mevsiminde yaklaşık 1,5 mg O/L diğer mevsimlerde ise yaklaşık 2,0 mg O/L civarlarında ölçülmüştür (Şekil 4). İstasyonlar arasında ölçülen en yüksek permanganat indeksi değerleri Değirmendere (TM) ve Büyükdere (RÇ) istasyonlarında, en düşük değer ise Çağlayan (RF) istasyonunda ölçülmüştür. İstasyonlar arasındaki ortalama değerler incelendiğinde trend olarak doğudan batıya doğru artışın gözlemlendiği (Büyükdere istasyonu hariç) dikkati çekmektedir (Şekil 4). Permanganat indeksi araştırmacılar tarafından çok kullanılan bir parametre olmamakla beraber, Doğu Karadeniz havzasındaki aynı akarsularda Alkan vd., (2013) tarafından yapılmış bir çalışmada ortalama permanganat indeksi değerinin 2,14 mg O/L olduğu bildirilmiştir. Permanganat indeksi ağırlıklı olarak yüzey, içme ve kullanma sularının organik kirlilik seviyesinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Temel prensibi, sudaki organik maddelerin permanganat ile yükseltgenerek oksijen cinsinden ifade edilmesidir. Türkiye insani tüketim amaçlı sular hakkındaki yönetmelikte (Ek-1,c) ifade edilen standartlara göre, gösterge parametrelerinden biri olan permanganat indeksi değeri 5,0 mg O<sub>2</sub>/L olarak verilmektedir (RG, 2005). Bu çalışmada elde edilen sonuçlara bakıldığında, havza bazında ortalama, maksimum ve minimum değerler açısından hiçbiri aşılmamış olup doğu Karadeniz havzası sularının permanganat indeksi bakımından uygun olduğu, yıl içerisinde hiçbir dönem 5,0 mg/L seviyesinin aşılmadığı tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında havza bazında elde edilen akarsuların yıllık ortalama klorofil-a değeri 2,46 µg/L olarak tespit edilmiş olup en düşük değer (0,26 µg/L) Yaz mevsiminde Fırtına (RA) İstasyonunda ölçülürken en yüksek değer (8,11 µg/L) Yaz mevsiminde Pazarsuyu (GB) istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 4). Çalışma kapsamında akarsularının havza bazındaki mevsimsel ortalama klorofil-a değerleri incelendiğinde, en yüksek değerlerin Yaz ve Sonbahar mevsimlerinde gözlemlendiği, en düşük değerler ise Kış ve İlkbahar mevsimlerinde gözlenmiştir (Şekil 4). İstasyonlar arasında ölçülen en yüksek klorofil-a değeri Pazarsuyu (GB) istasyonunda, en düşük değer ise Fırtına (RA) deresinde gözlenmiştir. İstasyonlar arasındaki ortalama klorofil-a değerleri incelendiğinde doğudan batıya doğru Fırtına (RA) istasyonu hariç olmak üzere düzenli olmayan bir artış eğiliminin gözlemlendiği, buna rağmen klorofil-a açısından havza akarsularının oldukça verimsiz olduğu söylenebilir (Şekil 4).

Havzadaki diğer çalışmalarda elde edilen ortalama klorofil-a değerleri; Alkan vd., (2013) 0,90 µg/L, Dinçer, (2014) Giresun Çanakçı deresinde yaptıkları çalışmada yıllık ortalama klorofil-a değerini 1,92 µg/L, Yerüstü su kalitesi yönetimi yönetmeliğinde göl, gölet ve baraj göllerinde trofik sınıflandırma sınır değerler tablosunda klorofil-a için ötrofik seviye sınır değerinin 9,1-25 µg/L iken 25 µg/L'nin üstü ise hipertrofik, mezotrofik seviye için 3,5-9,0 µg/L iken ≤ 3,5 µg/L'nin altı ise oligotrofik seviye olarak belirtilmektedir. Bu kriterlere göre havza akarsuları genel olarak oligotrofik, bazı dönemlerde ise mezotrofik bir karakter göstermektedir. Mevsimsel olarak Kış aylarında Solaklı ve Aksu, İlkbahar mevsiminde İyidere ve Aksu, Yaz mevsiminde Solaklı, Çağlayan ve Pazarsuyu ve Sonbahar mevsiminde ise Pazarsuyu ve Melet akarsularında mezotrofik bir su kalitesi görülmektedir (Şekil 4).

Çalışma kapsamında havza bazında elde edilen akarsuların yıllık ortalama nitrit azotu değeri 0,0040 mg/L olarak tespit edilmiş olup en düşük değer (0,0008 mg/L) ilkbahar mevsiminde Çağlayan (RF) istasyonunda ölçülürken en yüksek değer (0,0241 mg/L) yaz mevsiminde Değirmendere (TM) istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 3). Çalışmada akarsuların havza bazındaki mevsimsel ortalama nitrit azotu değerleri incelendiğinde, en düşük değerlerin ilkbahar mevsiminde, en yüksek değerler ise yaz mevsiminde gözlenmiştir. Kış ve sonbahar mevsimlerinde ise nitrit azotu değerleri birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3). İstasyonlar arasında ölçülen en yüksek nitrit azotu değeri Değirmendere (TM) istasyonunda, en düşük değer ise Çağlayan (RF) deresinde gözlenmiştir. İyidere (RI), Solaklı (TO) ve Aksu (GM) istasyonlarında birbirine çok yakın ortalama nitrit azotu değerleri tespit edilmiş, diğer istasyonlarda ise nispeten daha düşük değerler ölçülmüştür (Şekil 3).

Havzadaki diğer çalışmalarda elde edilen ortalama nitrit azotu değerleri; Alkan vd., (2013) 0,0044 mg/L, Aksungur vd., (2007) ise Kapistre, Çağlayan, Fırtına, İyidere ve Solaklı derelerinde sırasıyla 0,010; 0,010; 0,005; 0,005 ve 0,001 mg NO<sub>2</sub>-N/L, Boran ve Sivri, (2001), Solaklı deresinde Mart, Nisan ve Mayıs aylarında ortalama nitrit azotunu 0,0012 mg/L, Bulut ve Tüfekçi, (2005), Değirmendere'nin Galyan Kolunda ortalama nitrit azotu değerini Nisan ve Aralık ayları arasındaki ortalama nitrit azotu değerini 0,0055 mg/L, Gedik vd., (2010) ise Fırtına deresinin nehir ağzında 0,0024 mg/L, Verap vd., (2005), İyidere nehir ağzı bölgesinde Kasım (2003)-Mayıs (2004) tarihleri arasında ortalama nitrit azotunu 0,0026 mg/L, Gültekin vd., (2012)'nin sadece Trabzon ili sınırları içerisindeki Değirmendere ve Solaklı derelerinin denize boşaldığı nehir ağzı bölgelerinde yağışlı dönemdeki ortalama nitrit azotu değerleri sırasıyla 0,0274 ve 0,0335

mg/L, Turan vd., (2008), Aşağı Melet ırmağında ortalama 0,020 mg/L, Bayram, (2011), Harşit Çayı nehir ağzında 0,0045 mg/L ve Serdar, (2012) ise İyidere ve Çiftekavak derelerinde yapmış olduğu çalışmada nitrit azotu değerlerini sırasıyla ortalama olarak 0,0255 ve 0,0508 mg/L olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise ortalama nitrit azotu değeri 0,0040 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğinde verilen Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri açısından değerlendirildiğinde havzanın ortalama nitrit azotu bakımından II. Sınıf (az kirlenmiş su) bir su kalitesine sahip oldukları görülmektedir. Diğer taraftan insani tüketim amaçlı sular hakkındaki yönetmelikte belirtilen sınır değerler (0,152 mg NO<sub>2</sub>-N/L) kapsamında değerlendirildiğinde, havza akarsularının ortalama nitrit azotu içeriği (0,0040 mg NO<sub>2</sub>-N/L) bakımından içme ve kullanma amaçlı değerlendirilebilecek kaynaklar olduğu anlaşılmaktadır.

Çalışma kapsamında havza bazında elde edilen akarsuların yıllık ortalama nitrat azotu değeri 0,685 mg/L olarak tespit edilmiş olup en düşük değer (0,094 mg/L) Yaz mevsiminde Melet (OM) istasyonunda ölçülürken en yüksek değer (2,396 mg/L) Sonbahar mevsiminde İyidere (Rİ) istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 3). Çalışma kapsamındaki akarsuların havza bazındaki mevsimsel ortalama nitrat azotu değerleri incelendiğinde, Sonbahar ve Kış mevsimlerindeki değerlerin, İlkbahar ve Yaz mevsimindeki değerlere göre daha yüksek olmasına rağmen, ortalama nitrat azotu konsantrasyonu YSKYY'de belirtilen su kalite kriterlerine göre I. sınıf (yüksek kaliteli) su kalitesine sahiptir (Şekil 3). İstasyonlar arasında ölçülen en yüksek nitrat azotu değeri İyidere (Rİ) istasyonunda, en düşük değer ise Melet (OM) deresinde gözlenmiştir. İstasyonlar arasındaki ortalama değerler incelendiğinde İyidere (Rİ) istasyonu merkez olmak üzere doğu ve batı istikametine doğru gittikçe azalan bir eğilimin olduğu söylenebilir (Şekil 3).

Havzadaki diğer çalışmalarda elde edilen ortalama nitrat azotu değerleri; Alkan vd., (2013) 1,04 mg/L, Aksungur vd., (2007) ise Kapistre, Çağlayan, Fırtına, İyidere ve Solaklı derelerinde sırasıyla 1,65; 1,26; 1,06; 1,69 ve 1,63 mg/L, Boran ve Sivri, (2001) Solaklı deresinde Mart, Nisan ve Mayıs aylarında ortalama nitrat azotunu 0,25 mg/L, Bulut ve Tüfekçi, (2005), Değirmendere'nin Galyan Kolunda ortalama nitrat azotunu değerini 1,26 mg/L, Gedik vd., (2010) ise Fırtına deresinin nehir ağzında 1,80 mg/L, Gültekin vd., (2012)'nin sadece Trabzon ili sınırları içerisindeki Değirmendere ve Solaklı derelerinin denize boşaldığı nehir ağzı bölgelerinde yağışlı dönemdeki ortalama nitrat azotu değerleri sırasıyla 0,474 ve 0,158 mg/L, Turan vd., (2008), Aşağı Melet ırmağında ortalama 2,49 mg/L, Bayram, (2011), Harşit Çayı nehir ağzı bölgesindeki ortalama nitrat azotu değerini 0,669

mg/L olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise ortalama nitrat azotu değeri 0,685 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğinde verilen Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri açısından havzanın ortalama nitrat azotu değeri bakımından I. Sınıf (yüksek kaliteli su) bir su kalitesine sahip oldukları görülmektedir. Diğer taraftan insani tüketim amaçlı sular hakkındaki yönetmelikte nitrat azotu açısından belirtilen sınır değere (11,30 mg NO<sub>3</sub>-N/L) göre havza akarsularının ortalama nitrat azotu (0,685 mg NO<sub>3</sub>-N/L) bakımından içme ve kullanma amaçlı kullanılabilecek kaynaklar olduğu anlaşılmaktadır.

Çalışma kapsamında havza bazında elde edilen akarsuların yıllık ortalama amonyum azotu değeri 0,028 mg/L olarak tespit edilmiş olup en düşük değer (<0,020 mg/L) sonbahar mevsiminde İyidere (Rİ) istasyonunda ölçülürken en yüksek değer (0,131 mg/L) sonbahar mevsiminde Değirmendere (TM) istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 3). Çalışma kapsamındaki akarsuların havza bazındaki mevsimsel ortalama amonyum azotu değerleri incelendiğinde, en düşük ortalama değerlerin ilkbahar mevsiminde, diğer mevsimlerde ise birbirine yakın ortalama değerler tespit edilmiştir (Şekil 3). İstasyonlar arasında ölçülen en yüksek amonyum azotu değeri Değirmendere (TM) istasyonunda, en düşük değer ise İyidere (Rİ) deresinde ölçülmüştür. Büyükdere (RÇ), Solaklı (TO), Aksu (GM), Pazarsuyu (GB) ve Melet (OM) istasyonlarında ortalama amonyum azotu değerlerinin sucul ortam canlıları için kritik değer olan 0,02 mg/L'nin üzerinde olduğu gözlenmiştir. Bu kritik değer, sıcaklık ve pH değerlerinin yüksek olduğu durumlarda tehlikeli olabilecek bir değerdir (Şekil 3).

Havzadaki diğer çalışmalarda elde edilen ortalama amonyum azotu değerleri; Alkan vd., (2013) 0,028 mg/L, Boran ve Sivri, (2001), Solaklı deresinde Mart, Nisan ve Mayıs aylarında ortalama amonyum azotunu 0,23 mg/L, Bulut ve Tüfekçi, (2005), Değirmendere'nin Galyan Kolunda Nisan ve Aralık ayları arasındaki ortalama amonyum azotu değerini 0,041 mg/L, Gedik vd., (2010) ise Fırtına deresinin nehir ağzında 0,0051 mg/L, Verap vd., (2005), İyidere nehir ağzı bölgesinde Kasım (2003)- Mayıs (2004) tarihleri arasında ortalama amonyum azotunu 0,0095 mg/L, Gültekin vd., (2012)'nin sadece Trabzon ili sınırları içerisindeki Değirmendere ve Solaklı derelerinin denize boşaldığı nehir ağzı bölgelerinde yağışlı dönemdeki ortalama amonyum azotu değerleri sırasıyla 0,388 ve <0,078 mg/L, Turan vd., (2008), Aşağı Melet ırmağında ortalama 0,23 mg/L, Dinçer, (2014) Giresun ili sınırları içindeki Çanakçı deresinde yaptıkları çalışmada yıllık ortalama amonyum azotunu 0,67 mg/L, Bayram, (2011), Harşit Çayı nehir ağzında 0,135 mg/L ve Ekingen ve Kazancı, (2012) ise Aksu Çayı'nda yaptıkları bir çalışmada minimum ve

maksimum amonyum azotu değerlerini 0-0,147 mg/L olarak ölçtüklerini bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise ortalama amonyum azotu değeri 0,028 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğinde verilen Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri açısından değerlendirildiğinde havzanın ortalama amonyum azotu bakımından I. Sınıf (yüksek kaliteli su) bir su kalitesine sahip oldukları görülmektedir. İnsani tüketim amaçlı sular hakkındaki yönetmelikte belirtilen sınır değere (<0,388 mg NH<sub>4</sub>-N/L) göre değerlendirildiğinde de havza akarsularının ortalama amonyum azotu içeriği (0,028 mg NH<sub>4</sub>-N/L) bakımından içme ve kullanma amaçlı değerlendirilebilecek kaynaklar olduğu anlaşılmaktadır.

Çalışma kapsamında havza bazında elde edilen akarsuların yıllık ortalama orto-fosfat fosforu değeri 0,006 mg/L olarak tespit edilmiş olup en düşük değer (<0,003 mg/L) yaz mevsiminde Kapistre (AA) ve Çağlayan (RF) istasyonlarında, en yüksek değer (0,024 mg/L) kış mevsiminde Değirmendere (TM) istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 3). Çalışma kapsamındaki akarsuların havza bazındaki mevsimsel ortalama ortofosfat fosforu değerleri incelendiğinde, en düşük ortalama değerlerin yaz mevsiminde, en yüksek ortalama değerlerin ise sonbahar mevsiminde ölçüldüğü görülmektedir. Ayrıca kış mevsiminden yaz'a doğru ise tedricen bir azalma göze çarpmaktadır (Şekil 3). İstasyonlar arasında 0,010 mg/L'den büyük ölçülen orto-fosfat fosforu değeri sadece Değirmendere (TM) istasyonunda ölçülür iken, 0,005-0,010 mg/L aralığında ise Büyükdere (RÇ), Aksu (GM) ve Melet (OM) istasyonlarında ve geri kalan istasyonlar ise 0,005 mg/L'nin altındadır (Şekil 3).

Havzadaki diğer çalışmalarda elde edilen ortalama orto-fosfat fosforu değerleri; Alkan vd., (2013) 0,011 mg/L, Aksungur vd., (2007) ise Kapistre, Çağlayan, Fırtına, İyidere ve Solaklı derelerinde sırasıyla 0,408; 0,303; 0,457; 0,339 ve 0,280 mg /L, Boran ve Sivri, (2001), Solaklı deresinde Mart, Nisan ve Mayıs aylarında ortalama orto-fosfat fosforu 0,059 mg/L, Bulut ve Tüfekçi, (2005), Değirmendere'nin Galyan Kolunda Nisan ve Aralık ayları arasında yaptıkları çalışmada ortalama orto-fosfat fosforu değerini 0,078 mg/L, Gedik vd., (2010) ise Fırtına deresinin nehir ağzında 0,12 mg/L, Verap vd., (2005), İyidere nehir ağzı bölgesinde çalışmada ortalama orto-fosfat fosforu 0,007 mg/L, Gültekin vd., (2012)'nin sadece Trabzon ili sınırları içerisindeki Değirmendere ve Solaklı derelerinin denize boşaldığı nehir ağzı bölgelerinde yağışlı dönemdeki ortalama değerleri sırasıyla 0,300 ve 0,169 mg/L, Dinçer, (2014) Giresun ili sınırları içindeki Çanakçı deresinde yaptıkları çalışmada yıllık ortalama 0,02 mg/L, Turan vd., (2008), Aşağı Melet ırmağında ortalama 2,235 mg/L, Bayram, (2011), Harşit Çayı nehir ağzında 0,112 mg/L ve Serdar, (2012) ise İyidere ve Çiftkavak

derelerinde yapmış olduğu çalışmada sırasıyla ortalama olarak 1,083 ve 2,472 mg/L olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise havzanın ortalama orto-fosfat fosforu değeri 0,006 mg/L olarak tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında havza bazında elde edilen akarsuların yıllık ortalama silikat (SiO<sub>2</sub>-Si) değeri 7,16 mg/L olarak tespit edilmiş olup en düşük değer (3,36 mg/L) İlkbahar mevsiminde Çağlayan (RF) istasyonunda, en yüksek değer (9,40 mg/L) Sonbahar mevsiminde Kapistre (AA) istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 3). Çalışma kapsamındaki akarsuların havza bazındaki mevsimsel ortalama silikat (SiO<sub>2</sub>-Si) değerleri incelendiğinde, en düşük değerler ilkbahar mevsiminde, en yüksek değerler Kış mevsiminde gerçekleşmekle beraber ilkbahar, yaz, sonbahar sıralamasında tedrici olarak bir artış olduğu göze çarpmaktadır (Şekil 3). İstasyonlar arasındaki silikat (SiO<sub>2</sub>-Si) değerleri dikkate alındığında, en yüksek değerler Melet (OM) ve Büyükdere (RÇ) İstasyonlarında (≈8,00 mg/L) olmak üzere havza akarsularının ortalama silikat içerikleri istasyonlar arasında çok önemli farklılıklar olmamakla beraber 5,93-8,14 mg/L aralığında değişim göstermektedir (Şekil 3). Havzada yapılan diğer çalışmalarda Si ölçümlerine sadece Alkan vd., (2013)'nin 2012 yılında Doğu Karadeniz havzasındaki bazı akarsularda yaptıkları çalışmada rastlanılmış ve bu çalışmada Kızılırmak, Yeşilirmak, Melet, Pazarsuyu, Aksu, Harşit, Değirmendere, Solaklı, İyidere, Büyükdere, Fırtına, Çağlayan ve Kapistre derelerinin nehir ağzı bölgelerinde elde edilen Si değerleri sırasıyla 8,15; 7,14; 8,55; 7,29; 8,13; 6,97; 8,23; 8,13; 7,91; 8,25; 6,93; 6,18; ve 7,05 mg/L olarak tespit edilmiş ve Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri hariç diğer akarsuların ortalama Si derişimlerini 7,60 mg/L olarak bulmuşlardır. Bu çalışmada ise ortalama SiO<sub>2</sub>-Si değeri 7,16 mg/L olarak bulunmuş olmakla beraber Alkan vd., (2013)'nin elde ettiği ortalama değerlerle çok yakın oldukları tespit edilmiştir. Silikat, okyanusların yüzey sularında 0,03 mg/L, derin sularda 2 mg/L ve akarsu sistemlerinde ise genellikle 4-13 mg/L düzeylerinde bulunduğu bildirilmektedir (URL-4; Horne and Goldman, 1994).

Çalışma kapsamında havza bazında elde edilen akarsuların yıllık ortalama toplam fosfor değeri 0,018 mg/L olarak tespit edilmiş olup en düşük değer (<0,003 mg/L) yaz mevsiminde Kapistre (AA) istasyonunda ölçülürken en yüksek değer (0,056 mg/L) yine yaz mevsiminde Değirmendere (TM) istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 4). Çalışma kapsamındaki akarsuların havza bazındaki mevsimsel ortalama toplam fosfor değerleri incelendiğinde, en düşük değerlerin ilkbahar mevsiminde, en yüksek değerler ise kış mevsiminde gözlemlendiği yaz ve sonbahar mevsimlerindeki ortalama toplam fosfor değerlerinin birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4). İstasyonlar arasında ölçülen ortalama

değerlere göre, en yüksek toplam fosfor değerinin Değirmendere (TM) istasyonunda ölçüldüğü daha sonraki görece yüksek değerler ise Melet (OM), Büyükdere (RÇ), Aksu (GM) istasyonlarında ölçülmüş geriye kalan diğer akarsuların ise 0,02 mg/L'nin altında ölçüldüğü tespit edilmiştir. Ayrıca toplam fosforun havza boyunca değişimi incelendiğinde doğudan batıya doğru nispeten belirli bir yükselmenin olduğu belirlenmiştir (Şekil 4).

Havzadaki diğer çalışmalarda ortalama toplam fosfor değerleri; Dinçer S., (2014)'in Mart 2013-Şubat 2014 tarihleri arasında Giresun ilindeki Çanakçı deresinde yaptıkları çalışmada yıllık ortalama toplam fosfor

derişiminin 0,46 mg/L olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada ise ortalama toplam fosfor derişimi 0,018 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğinde verilen Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri açısından değerlendirildiğinde havzanın ortalama toplam fosfor bakımından I. Sınıf (yüksek kaliteli su) bir su kalitesine sahip oldukları görülmektedir. Ancak istasyonlar arasında Değirmendere (TM) akarsuyunun toplam fosfor açısından II. Sınıf (az kirlenmiş su) su kalitesine sahip olduğu halde diğerlerinin I. Sınıf (yüksek kaliteli su) su olması dikkat çekmektedir (Tablo 3).

**Tablo 3.** Havzadaki akarsuların yerüstü su kalitesi yönetimi yönetmeliği'ne göre su kalite sınıfları.

**Table 3.** Water quality classes of the rivers in the basin according to the aboveground water quality management regulation.

AKARSU	KOD	S	pH	Eİ	ÇO	NO <sub>3</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	TF
Kapistre	AA	I	I	I	I	I	II	I	I
Çağlayan	RF	I	I	I	I	I	II	I	I
Fırtına	RA	I	I	I	I	I	II	I	I
Büyükdere	RÇ	I	I	I	I	I	II	I	I
İyidere	Rİ	I	I	I	I	I	II	I	I
Solaklı	TO	I	I	I	I	I	II	I	I
Değirmendere	TM	I	I	I	I	I	III	I	II
Harşit	GT	I	I	I	I	I	II	I	I
Aksu	GM	I	I	I	I	I	II	I	I
Pazarsuyu	GB	I	I	I	I	I	II	I	I
Melet	OM	I	I	I	I	I	II	I	I

\*Sınıf I (Yüksek kaliteli su), Sınıf II (Az kirlenmiş su), Sınıf III (Kirlenmiş su), Sınıf IV (Çok kirlenmiş su).

\*Class I (High quality water), Class II (Lightly contaminated water), Class III (Contaminated water), Class IV (Highly contaminated water).

Çalışma kapsamında havza bazında elde edilen akarsuların yıllık ortalama toplam azot değeri 0,942 mg/L olarak tespit edilmiş olup en düşük değer (0,270 mg/L) ilkbahar mevsiminde Çağlayan (RF) istasyonunda ölçülürken en yüksek değer (3,075 mg/L) sonbahar mevsiminde İyidere (Rİ) istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 4). Çalışmada akarsuların havza bazındaki mevsimsel ortalama toplam azot değerleri incelendiğinde, en düşük değerlerin (0,5 mg/L) ilkbahar mevsiminde, en yüksek değerlerin ise kış ve sonbahar mevsimlerinde gözlenmekle beraber yaz mevsiminde de ilkbahar mevsimindeki değerlere çok yakın sonuçlar tespit edilmiştir (Şekil 4). İstasyonlar arasında ölçülen ortalama değerlere göre, en yüksek toplam azot değerlerinin (~1,5 mg/L) İyidere (Rİ) istasyonunda en fazla olmak üzere yine bu istasyonun hemen doğusu ve batısında yer alan Büyükdere (RÇ), Solaklı (TO), Değirmendere (TM) istasyonlarında diğer istasyonlara nazaran biraz daha yüksek değerler gözlendiği geriye kalan diğer akarsu istasyonlarının ise 1,000 mg/L'nin altında ölçüldüğü gözlenmiştir. Havzadaki toplam azot trendinin doğudan batıya doğru İyidere (Rİ) istasyonuna kadar bir artışın gözlendiği, bu istasyondan sonra ise bir azalmanın gözlendiği dikkati çekmektedir (Şekil 4). Havzadaki diğer çalışmalarda elde edilen ortalama toplam azot değerleri; Aksungur vd., (2007), Kapistre, Çağlayan, Fırtına, İyidere ve Solaklı derelerinde yaptıkları bir çalışmada toplam azot'un en önemli çözülmüş inorganik azot bileşenlerinden biri olan

nitrat+nitrit azotunu ortalama olarak 1,500 mg/L bulmuşlardır. Turan vd., (2008), Aşağı Melet ırmağında toplam azotun en önemli bileşenlerinden biri olan toplam çözülmüş inorganik azotu (TDIN) 2,740 mg/L, Bayram ve Önsoy, (2011) Harşit Çayında yaptıkları çalışmada toplam azot değerini 1,491mg/L olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise ortalama toplam azot değeri 0,942 mg/L olarak tespit edilmiştir. YSKYY'inde verilen Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerine göre toplam azotun (TN=TKN+NO<sub>3</sub>-N+NO<sub>2</sub>-N) I. Sınıf su kalite sınır değerinin 5,502 mg/L olduğu hesaplandığında, havzanın ortalama toplam azot değeri bakımından I. Sınıf (yüksek kaliteli su) (0,942 mg/L) su kalitesine sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca havzada ölçülen maksimum toplam azot değerleri açısından da su kalitesinin I. Sınıf su kalitesinde olduğu görülmektedir (Tablo 3).

## SONUÇLAR

Bu çalışmada Doğu Karadeniz havzası akarsularının mevsimsel fiziko-kimyasal su kalitesi üzerine yapılan çalışmalar sonucunda, havza akarsularının su sıcaklıkları 7,93-27,5 °C, pH değerleri 6,30-8,87 arasında, elektriksel iletkenlik değerleri 0,041- 0,577 mS/cm, çözülmüş oksijen 7,80-11,44 mg/L, bulanıklık <1,00-311,00 NTU, askıda katı madde 0,40-299,60 mg/L, toplam sertlik 15,00-240,00 mg CaCO<sub>3</sub>/L, permanganat

indeksi 0,64-3,14 mg O/L, klorofil-a 0,26-8,11 µg/L, sülfat <1,00-55,00 mg/L, nitrat azotu 0,094-2,396 mg/L, nitrit azotu 0,0008-0,0241 mg/L, amonyum azotu <0,020-0,131 mg/L, orto-fosfat fosforu <0,003-0,024 mg/L, silikat (Si) 3,356-9,397 mg/L, toplam fosfor <0,003-0,056 mg/L, toplam azot ise 0,270-3,075 mg/L arasında değişmektedir. Havza akarsularının su kalitesi açısından genel karakteristikleri ılıman, hafif alkali, düşük mineralli, yağışlı dönemlerde bulanık diğer dönemlerde ise düşük bulanıklığa sahip, havzanın doğu bölgelerindeki akarsular yumuşak su karakteri gösteriyorken batı kesimlerindeki akarsular orta sert, çok düşük düzeyde organik madde ihtiva eden, düşük sülfatlı, amonyum ve nitrat açısından yüksek kaliteli, nitrit açısından ise az kirlenmiş ve düşük fosfat ve silikatlı bir su karakteri arz etmektedir.

Bu çalışmada, havza akarsularının nehir ağızlarından alınan örnekler incelendiğinden, her akarsu havzasının genel yapısı sonuçlar üzerinde etkilidir. Bölgede yerleşim ve küçük ölçekteki endüstriyel tesisler, ağırlıklı olarak akarsu yataklarında oluşan düz alanlarda geliştiği için nehir ağızları su kaliteleri bu oluşumdan etkilenmektedir. Nitekim havza akarsularının taşıdığı azot ve fosfor bileşiklerine bakıldığında nitrat, amonyak ve fosfat düzeyi düşük iken tüm havzada nitrit miktarı II. sınıf (az kirlenmiş) seviyededir. Nitrit'in yüksek olması, organik atık içeren arıtılmamış atık suların, evsel ve endüstriyel tesislerden sürekli olarak bırakıldığını göstermektedir. Bu durum, havzada bütün akarsularda benzer bir yapıda süregelmektedir. Çalışmalar süresince gözlemlenen problemlerden bazıları, kum-çakıl ocakları ve hazır beton tesislerinin faaliyetlerinden oluşan etkilerdir. Havzada çoğunlukla bu tesisler, akarsu yatağı üzerine veya çok yakınına kurulmaktadır. Bu tesislerin faaliyetleri sırasında oldukça yüksek askıda katı maddeye sahip atık suların yanında çimento katkı maddeleri içeren ve karıştığı akarsuyun pH seviyesini 10-12 gibi hiçbir sucül canlılığın yaşayamayacağı bir ortama dönüştürecek maddeler suya karışmaktadır. Bu problemle ilgili yasal tedbirler alınmış olmakla beraber yerel idarelerin ilgili yönetmelikleri siyaseten uygulayamamaları yüzünden havzadaki tüm faaliyetler, akarsuların fizikokimyasal su kalitesini menfi ölçüde etkiledikleri (Büyükdere, Fırtına, Solaklı, İyidere, Harşit, Aksu ve Melet) gözlenmektedir. Dolayısıyla havza akarsularının su kalitesinin korunması için bu tesislerin akarsu yatağından uzakta kurulması ve faaliyetlerinin ciddi ölçüde kontrol altında tutulmaları gerekmektedir.

Havzada su kalitesini etkileyebilecek bir diğer problemde, hidro elektrik santral (HES) inşaatları, dere ıslah çalışmaları ve yol-köprü gibi sanat yapıları inşaatları sırasındaki faaliyetlerdir. Özellikle son yıllarda, Doğu Karadeniz havzasında bir seferberlik gibi yürütülen su enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürme çalışmaları olan HES inşaatları, maalesef ÇED kurallarına aykırı bir şekilde

yürütülmektedir. HES inşaatları sırasında dere yataklarının daraltılması, atık suların bırakılması ve çevre bitki örtüsünün yok olması gibi etkiler bölgede iyi bilinmektedir. Ayrıca inşaat çalışmaları sırasında beton dökme faaliyetlerinin etkileri, tünel açılmasında oluşan sızıntı sularının derelere akması ve oluşan evsel atıkların akarsulara bırakılması akarsuların su kalitesini, dolayısıyla ekolojik yaşamı etkilemektedir. Diğer taraftan Doğu Karadeniz bölgesinin dağlık yapısı nedeniyle akarsu yataklarında oluşan düz alanlar, gerek yerleşim gerekse endüstriyel tesislerin yerleşmesine uygun alan olarak görülmektedir. Bu bölgeler, daha kırsal alanlarda tarımsal alan olarak da değerlendirilmektedir. Dolayısıyla bu tür alanların korunması için nehir ağızlarından üst kesimlere doğru akarsu yataklarının kıyı duvarları yapılması ve yol-köprü gibi sanat yapılarını içeren dere ıslah çalışmaları, tüm havzada gözlenmektedir. Bu çalışmalar sırasında da, akarsulara fiziksel müdahaleler, katı ve sıvı atıklar ve özellikle suyun kimyasal yapısını değiştiren çimento katkı maddeleri bırakılmaktadır. Bu tür problemleri çözmek için akarsuların su kalitesini koruyucu tedbirlerin (beton dökümü sırasında izolasyon veya akarsu yatağının akış yönünün değiştirilmesi, katı ve sıvı atıkların bırakılmaması ve akarsu yataklarının doğal yapısının bozulmaması vb.) alınması gerekmektedir.

Bu çalışmada irdelenen akarsuların su kalite sınıfları incelendiğinde, nitrit azotu ve toplam fosfor dışında havza akarsularının su kalitesinin I. Sınıf (yüksek kaliteli) olduğu söylenebilir. Ancak nitrit azotu açısından Değirmendere III. sınıf (kirlenmiş su), toplam fosfor açısından ise yine Değirmendere'nin II. sınıf (az kirlenmiş) diğer istasyonların ise I. Sınıf (yüksek kaliteli) su karakterinde olduğu görülmektedir. Dolayısıyla havzada su kalitesi açısından en etkilenmiş akarsuyun Değirmendere deresi olduğu söylenebilir. Nitekim arazi çalışmalarında yapılan gözlemlere göre Değirmendere nehir ağzından iç kesimlere doğru neredeyse Maçka ilçesine kadar akarsu yatağının küçüklü büyüklü endüstriyel tesislerle çevrelendiği gözlemlenmiştir. Bu açıdan Değirmendere'nin su kalitesinin iyileştirilmesi için atıksu deşarj standartlarının uygulanması için ilgili tedbirlerin biran önce alınması gerekir. Ayrıca Değirmendere havzasının önemli bir tarımsal ve yerleşim alanı olması nedeniyle tarımsal üretimde çevre dostu politikaların (organik gübre veya dengeli gübreleme teknikleri vb.) uygulanması, evsel atıkların depolandığı foseptik çukurların yaygınlaştırılması, çevre dostu temizlik ürünlerinin kullanılması ve daha az atıksu üretilmesi gibi önlemlerin toplumda ve yetkili merciler tarafından uygulanması gerekir. Doğu Karadeniz havzası akarsularında yukarıda ifade edilen problemlerin dışında mevsimsel olarak toplam fosfor, iletkenlik ve pH açısından su kalitesinin yüksek kaliteliden az kirlenmiş su sınıfına

düştüğü gözlenmektedir. Örneğin toplam fosfor açısından Melet, Büyükdere, İyidere, Değirmendere ve Aksu akarsularında, iletkenlik açısından Değirmendere, Aksu ve Pazarsuyu akarsularında ve pH açısından ise Değirmendere, Pazarsuyu, Melet ve Kapistre derelerinde az kirlenmiş su standardı oluşabilmektedir.

Akarsu yataklarında gerçekleştirilen rehabilitasyon, yol vb. sistematik olmayan faaliyetlerin etkileri nedeniyle bazı dönemlerde akarsularda ölçülen parametreler, akarsuyun genel karakteristik özelliğinden farklı olabilmektedir. Bu nedenle bu amaçla yapılacak çalışmalarda örnekleme istasyonlarının bu faaliyetlerin akarsu üzerindeki etkilerini ortaya koyabilecek şekilde belirlenmesi gereklidir. Mevsimsel yapılan çalışmalarda örnekleme sayısının mevsim karakterlerini daha iyi yansıtabilmesi için fazla tutulmalıdır. Çünkü mevsimsel dalgalanmalar çok farklı olabilmekte ve ortalama değerlerin üzerine çıkabilmektedir.

Akarsulardaki debi ölçümü yasal olarak sadece DSİ tarafından gerçekleştirilebilmektedir. Birçok akarsuyun üzerinde işletilen akım ölçerlerin ölçüm periyotları birbirleriyle uyuşmamaktadır. Bu açıdan önemli akarsuların üzerinde yeterli sayıda ve eş zamanlı ölçüm yapabilecek akım istasyonlarının kesintisiz işletilmesi ve verilerin araştırmacıların ulaşımına açık tutulması gereklidir. Su kalitesinin belirlenmesi için yapılacak çalışmaların, fiziko-kimyasal parametrelerin yanında biyolojik parametreleri de kapsayacak şekilde gerçekleştirilmesi sonuçların yorumlanmalarında büyük kolaylık ve katkı sağlayacaktır. Bu çalışmada olduğu gibi havza bazlı ve daha kapsamlı fiziko-kimyasal su kalitesi çalışmalarının, kamu kurumlarınca süreklilik sağlayacak şekilde gerçekleştirilmesinin gerekliliği, literatür ve havzalardaki su yönetimi planlamaları açısından önemli bir katkı sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

- Aksungur, M., Alkan, A., Zengin, B., Tabak, İ. & Yılmaz, C. (2007).** Karadeniz Alabalığının Tatlısu Ortamındaki Göçü Üzerine Bazı Çevresel Parametrelerin Etkisi. *Ekoloji Dergisi*, **65**, 28-35. (doi: 10.5053/ekoloji.2007.655).
- Alkan, A., Serdar, S., Fidan, D., Akbaş, U., Zengin, B. & Kılıç, M.B. (2013).** Physico-Chemical Characteristics and Nutrient Levels of the Eastern Black Sea Rivers. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **13**, 847-859. (DOI: 10.4194/1303-2712-v13\_5\_09).
- Altınışık, U. (2015).** *Doğu Karadeniz Havzası Akımlarının İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 95s.

<https://polen.itu.edu.tr/bitstream/11527/14030/1/10077516.pdf>.

- Anlı, A. S. & Okman, C. (2005).** Aksu Çayı Günlük Ekstrem Akışlarının Dağılımı. *Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, Şanlıurfa*, **9**(4), 53-60.
- Anonim-1. (2010).** Çambaşı Regülatörü ve Hidroelektrik Santrali Proje Tanıtım *Dosyası*. Enerjisa Enerji Üretim A.Ş., İstanbul, 236s.
- Anonim-2. (2013).** Yukarı Havza Sel Kontrolü Eylem Planı (2013-2017). T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Ankara, 2013, 115s.
- Anonim-3. (2008).** Paşalar Regülatörü HES ve Malzeme Ocakları ÇED Raporu. Ayen Enerji A.Ş., Ankara, 317s.
- Anonim-4. (2011).** Arhavi Balıklı I-II-III Regülatörleri ve HES Projesi Nihai ÇED Raporu. ASSU Elektrik Enerji Üretim Ltd. Şti., Çınar Mühendislik Müşavirlik ve Proje Hizmetleri Ltd. Şti., Ankara, 2011.
- APHA. (1999).** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th. edition. American Public Health Association, Washington, D.C.
- Bayrakdar, C. (2006).** *Fırtına Deresi Havzasının Uygulamalı Jeomorfoloji Etüdü*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi, Coğrafya Anabilim Dalı, İstanbul, 120s.
- Bayram, A. & Önsoy, H. (2011).** Harşit Çayı (Giresun-Trebolu) Tarafından Karadeniz'e Taşınan Kirlenmelerin Belirlenmesi. TMMOB, İnşaat Mühendisleri Odası, *7. Kıyı Mühendisliği Sempozyumu*, Trabzon. Türkiye, 545-555.
- Bayram, A. (2011).** *Harşit Çayı Su Kalitesinin Mevsimsel Değişiminin İncelenmesi ve Askı Madde Konsantrasyonunun Yapay Sinir Ağları Yöntemi İle Tahmin Edilmesi*. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 164s.
- Bellingham, K. (2009).** Physicochemical parameters of natural waters. Stevens water monitoring systems, Inc., 17s. <https://stevenswater.com>.
- Beret, B. (1956).** Çakırgöl Dağında Glasiyal İzler. *İstanbul Üniv. Türk Coğrafya Dergisi*, **15-16**, 121-124.
- Boran, M. & Sivri, N. (2001).** Trabzon (Türkiye) İl Sınırları İçerisinde Bulunan Solaklı ve Sürmene Derelerinde Nutrient ve Askıda Katı Madde Yüklerinin Belirlenmesi. *E.Ü., Su Ürünleri Dergisi*, **18**(3-4), 343-348.
- Boran, M., Karaçam, H. & Sayın, A. (2004).** Değirmendere Havzasında (Trabzon, Türkiye) Bulunan Bazı İşletmelere Ait Atık Suların Özelliklerinin İncelenmesi ve Dere Suyundaki



- Kirleticilerin Düzey ve Dağılımlarının Belirlenmesi. *Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi*, 21(1-2), 17-21.
- Bulut, V.N. & Tüfekçi, M. (2005).** Trabzon (Maçka) Kalyan Akarsuyunun Su Kalitesinin İncelenmesi. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, 4, 377-384.
- Chapman, D. & Kimstach, V. (1996).** *Selection of Water Quality Variables* (Chapter 3). Water Quality Assessments-A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring-2nd Edition, UNESCO/WHO/UNEP, 651 pp. (ISBN 0 419 21590 5 (HB) 0 419 21600 6 (PB)).
- Chen, D., Lu, J., Wang, H., Shen, Y. & Kimberley, M.O. (2010).** Seasonal variations of nitrogen and phosphorus retention in an agricultural drainage river in East China. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 17, 312-320. DOI: 10.1007/s11356-009-0246-x.
- Dinçer, D., Yüksek, T., Çilli, M. & Yılmaz, S. (2012).** Rize Kenti Doğal Güzellikleri ve Rekreatiyon Potansiyeli. *I. Rekreatiyon Araştırmaları Kongresi*, 12-15 Nisan 2012, Kemer, Antalya, 991-1005.
- Dinçer, S. (2014).** *Çanakçı Deresi Su Kalitesi ve Kirlilik Düzeylerinin Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Giresun, Türkiye, 72s.
- DOKAP-1. (2013).** T.C. Kalkınma Bakanlığı, Doğu Karadeniz Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, Ordu İl Raporu, Mayıs 2013, 18s.
- DOKAP-2. (2013).** T.C. Kalkınma Bakanlığı Doğu Karadeniz Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, Giresun İl Raporu, Mayıs 2013, 21s.
- DOKAP-3, (2013).** T.C. Kalkınma Bakanlığı, Doğu Karadeniz Projesi, Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, Trabzon İl Raporu, Mayıs, 2013, 20s.
- DOKAP-4, (2013).** T.C. Kalkınma Bakanlığı, Doğu Karadeniz Projesi, Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, Rize İl Raporu, Mayıs, 2013, 21s.
- DSİ. (2003).** Ordu Projesi, Ordu Barajı ve HES Planlama Raporu, Cilt I, Planlama Raporu ve Çizimleri. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, VII. Bölge Müdürlüğü, Ankara.
- DSİ-1. (2014).** DSİ 7. Bölge Müdürlüğü, Aylık Ortalama Akım Gözlem Verileri, 2014, Samsun.
- DSİ-2. (2014).** DSİ 22. Bölge Müdürlüğü, Aylık Ortalama Akım Gözlem Verileri, 2014, Trabzon.
- DSİ-3. (2014).** DSİ 26. Bölge Müdürlüğü, Aylık Ortalama Akım Gözlem Verileri, 2014 Artvin.
- DTMP. (2012).** Gümüşhane İlinde Doğa Turizmi Master Planı (2013-2023). T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 12. Bölge Müdürlüğü, Gümüşhane Şube Müdürlüğü, Gümüşhane, 104 s.
- Ekingen, P. & Kazancı, N. (2012).** Aksu Çayı'nın (Giresun, Türkiye) Taban Büyük Omurgasız Faunası ve Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi Kriterlerine Göre Habitat Kalitesinin Değerlendirmesi. *Review of Hydrobiology*, 5(1), 35-55.
- EPA. (1979).** A Review of the Epa Red Book Quality Criteria for Water. Environmental Protection Agency (EPA), USA. 311 pp.
- Erüz, C., Köse, E., Güneroğlu, A., Başar, E., Sivri, N., Fezyoğlu, M. & Toraman, Ç. (2005).** Doğu Karadeniz Akarsularında Askıda Katı Madde (AKM) Dinamiği. *Ulusal Su Günleri 2005 Sempozyum*, 28- 30 Eylül 2005, Trabzon, *Türk Sucul Yaşam Dergisi (Özel Sayısı)*, 4, 235-239.
- Gedik, K., Verap, B., Terzi, E. & Fevziyolu, S. (2010).** Fırtına Deresi (Rize)'nin Fiziko-Kimyasal Açından Su Kalitesinin Belirlenmesi. *Ekoloji*, 76, 25-35.
- Göksu, M.Z.L. (2003).** *Su Kirliliği Ders Kitabı*. Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No:7, Nobel Kitabevi, Adana, 232s.
- Gültekin, F., Ersoy, A.F., Hatipoğlu, E. & Celep, S. (2012).** Trabzon İli Akarsularının Yağışlı Dönem Su Kalitesi Parametrelerinin Belirlenmesi. *Ekoloji Dergisi*, 82, 77- 88.
- Horne, A. J. & Goldman, C. R. (1994).** *Limnology*. 2nd Edition. McGraw-Hill, New York, 57 pp.
- İÇDR. (2013).** Giresun İl Çevre Durum Raporu. T.C. Giresun Valiliği, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2012, 111 s.
- Kazancı, N., Ekingen, P., Türkmen, G., Ertunç, Ö., Dügel, M. & Gültutan, Y. (2010).** Aksu Çayı'nın (Giresun, Türkiye) Ekolojik Kalitesinin Taban Büyük Omurgasızlarına Dayalı Su Çerçeve Direktifi (SÇD) Yöntemleri Kullanılarak Değerlendirilmesi. *Review of Hydrobiology*, 3(2), 165-184.
- Kazancı, N., Türkmen, G., Ertunç, Ö., Ekingen, P., Öz, P. & Gültutan, Y. (2010).** Su Çerçeve Direktifi kapsamındaki taban büyük omurgasızlarına dayalı yöntemlerin uygulanması ile Yeşilirmak Nehri'nin ekolojik kalitesinin belirlenmesi. *Review of Hydrobiology*, 3(2), 89-110.
- Li, Y. & Miciaggio, K. (2010).** *Water quality concepts, sampling and analysis*. CRC Press, 340 pp.
- Sawyer, C.H. (1960).** *Chemistry for Sanitary Engineers*. New York: McGraw Hill Book Co., New York, 367pp.
- Sayın, A. (2000).** *Değirmendere Havzasında Bazı Kirleticilerin Düzeyleri ve Ortama Etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bil. Enst., Trabzon, 44s.

- Serdar, O. (2012).** *İyidere ve Çiftekavak Derelerinin Su Kalitesinin Fiziko Kimyasal Parametreler ve Saprobik Sistem Kullanılarak Belirlenmesi.* Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize, Türkiye, 104s.
- SKKY. (2009).** Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği. Resmi Gazete 10.10.2009, sayı: 27372.
- T.C. Resmi Gazete, (2005).** İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik. 25730, 17.02.2005, 32 s.
- Turan, D., Taş, B., Çilek, M. & Yılmaz, Z. (2008).** Aşağı Melet Irmağı (Ordu, Türkiye) Balık Faunası. *Journal of Fisheries Sciences*, 2(5), 698-703.
- UNEP. (2008).** Water Quality for Ecosystem and Human Health. 2nd Edition, United Nations Environment Programme, Global Environment Monitoring System (GEMS) Water Programme, 110 s. (ISBN 92-95039-51-7).
- URL-1. (2014).** <http://karadenizguzellikleri.blogspot.com.tr> (12.06.2015).
- URL-2. (2014).** <http://rize.nedir.com> (12.06.2014).
- URL-3. (2014).** <http://www.arhavi.bel.tr/arhavi-cografyasi.html> (12.06.2014).
- URL-4. (2015).** <http://www.lenntech.com/periodic/water/silicon/silicon-and-water.htm>. (26.05.2015).
- Yüksek, T. (2004).** Türkiye'nin su kaynakları ve havza planlamasına dönük genel değerlendirmeler. *KAÜ Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 1(2), 71-83.
- Yüksek, T., Özçelik, A.E. & Verap, B. (2020).** Fırtına Havzasının Bazı Havza Karakteristikleri ile Arazilerin Fizyografik Özelliklere Göre Dağılımlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Belirlenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 5(3), 439-449.
- Verap, B., Serdar, O., Turan, D. & Şahin, C. (2005).** İyidere (Trabzon)'nin FizikoKimyasal Açından Su Kalitesinin Belirlenmesi. *Ekoloji Dergisi*, 15(57), 7-16.
- Zaman, M. ve Birinci, S. (2011).** Doğu Karadeniz'de Termal Turizminin Geliştirilebileceği Merkezlere Yeni Bir Örnek: İkizdere Kaplıcası. Atatürk Üniversitesi, *Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 15(1), 411-412.
- Zaman, M. (2007).** *Doğu Karadeniz Kıyı Dağları'nda Yaylalar ve Yaylacılık.* Atatürk Üniv. Yay. No: 960, Fen Edebiyat Fak. Yay. No: 105, Araştırma Serisi No: 75, Erzurum, 509s.